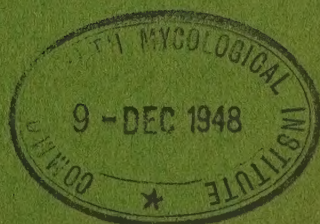


MEDDELELSER
FRA
DET NORSKE SKOGFORSØKSVESEN

NR. 35
(BIND X, HEFTE 1)
UTGITT AV SKOGFORSØKSVESENET


UNDER REDAKSJON AV
SKOGFORSØKSLEDER
PROFESSOR
ERLING EIDE

ØSTLENDINGENS TRYKKERI
ELVERUM 1948



J. LÅG

Undersøkelser over opphavsmaterialet
for Østlandets morenedekker.



Digitized by the Internet Archive
in 2025

Innhold.

	Side
Forord	5
I. Oversikt og problemstilling	
1. Innleiing	7
2. Morenejordas utbredelse i Norge og forholdet mellom morenejorda og andre jordartsgrupper	8
3. Problemstilling	10
II. Sammenhengen mellom bergartssammensetningen i fjellgrunnen og i morenejorda	
1. Litteraturoversikt	
A. Publikasjoner som behandler forholdene i Norge	11
B. Kort omtale av litteratur fra andre land	19
C. Drøfting	20
2. Egne undersøkelser	
A. Framgangsmåter under arbeidet	22
B. Gjennomføring av undersøkelser i forskjellige områder	
a. Traktene langs Oslofjorden	
Ås og tilstøtende distrikter	27
Hurum-landet	33
Østmarka	36
Jeløya	37
b. Sande	40
c. Siljan og Lardal	41
d. Nordmarka	
Traktene mellom Sørkedal og Nittedal	42
De nordlige traktene av Nordmarka	46
e. Bærum, Asker og Lier	55
f. Nannestad	56
g. Hurdal	58
h. Toten-bygdene	
Området med grensa mellom Oslofelt-eruptivene og grunn- fjellet	63
Kambrosilur-området	67
Området med moreneleire i Totenvika	69
i. Valdres	74

j. Moreneleire i andre dalfører	75
k. Iakttagelser i andre trakter	78
l. En forveksling mellom moreneleire og forvittringsjord i Norge	79
C. Alminnelig drøfting av resultater fra undersøkelsene	
a. Utbredelse og kjennetegn for forskjellige hovedtyper av morenejord	84
b. Forhold som har hatt innflytelse på sammenhengen mellom bergartssammensetningen i fjellgrunnen og i morenejorda ...	88
c. Relativ alder til avleiringer av moreneleire	94
III. Undersøkelse av pulverisert bergartsmateriale og morenejord av enkelte bergarter	
1. Kortfattet litteraturoversikt	97
2. Egne undersøkelser	
A. Innleiing	99
B. Innsamling av materiale til laboratorieundersøkelser	100
C. Liste over undersøkte prøver	
a. Bergarter og mineraler	101
b. Morenejord	104
D. Analysemetoder	106
E. Resultater av undersøkelsene	
a. Mekanisk sammensetning	109
b. Endringer i vannstoffjonkonsentrasjonen	
Titreringsundersøkelser	125
Reaksjonen i nøytralsalt-oppløsninger	159
c. Ombyttbare katjoner	168
d. Innhold av lettopløselig plantenæring	
Innleiing	180
Fosfor	180
Kalium	186
IV. Sammendrag	191
V. Studies on the Parent Material of the Morainic Covers of the South-Eastern Part of Norway	200
VI. Litteratur, brukt under utarbeiding av avhandlingen	212

Forord.

Idéen om å utføre undersøkelser over opphavsmaterialet for morenejorda i Norge fikk jeg snart etter at jeg hadde tatt til med studiene ved Norges Landbrukshøgskole. Men bestemte planer for arbeidet ble ikke utformet før i 1943.

Gjennomføringen av undersøkelsene har bydd på store vanskeligheter, særlig fordi jeg ikke har rådd over laboratorium til nødvendige analyser. Arbeidsvilkårene har også på andre måter vært mindre gode. Det har derfor vært umulig å få fullført flere av de planlagte detaljundersøkelsene. Ett av formålene med undersøkelsene var å skaffe utgangspunkter for en serie av studier over Norges jordsmonn. Det dukket også opp nye, interessante problemer etter hvert som arbeidet skred framover. Jeg håper derfor å få høve til å behandle nærmere seinere flere spørsmål som jeg har unnlatt å ta opp til drøfting i denne publikasjonen.

En del resultater av undersøkelsene er alt blitt kjent blant norske fagfolk.

Undersøkelsene ble påbegynt mens jeg hadde et kandidatstipendium ved Norges Landbrukshøgskole. Fortsettelse av arbeidet ble mulig gjort da jeg fra 1. juli 1945 fikk stipendium fra fondet «Nationalgaven til Chr. Michelsen». Dessuten har jeg mottatt økonomisk støtte fra A/S Norsk Varekrigsforsikrings Fond.

Det norske Skogforsøksvesen ved professorene ERLING EIDE og ELIAS MORK har vist undersøkelsene stor interesse. Således har jeg fått plass ved Skogforsøksvesenets trange, overfylte laboratorium til utføring av kjemiske og mekaniske analyser.

Statens Landbrukskjemiske Kontrollstasjon og Frøkontroll i Trondheim har utført en del kjemiske analyser. Pulverisering av mineral- og bergartsprøver er gjort av Statens Råstofflaboratorium i Oslo.

Til analysearbeid, tegning av figurer og beregninger har jeg hatt hjelp av laboratorieassistent ÅGOT RØED, ekstraassistent KITT WANG SELSJORD, diplomingeniør DAGFIN LYDERSEN, skogbrukskandidat TEDDY DYRING og jordbruksstudent PER WESTGAARD.

Biblioteket ved Norges Landbrukshøgskole har skaffet meg det meste av den litteraturen jeg har hatt bruk for.

Hovedarbeidet med omsetting av sammendraget til engelsk er utført av translator JOHANNA MARIE ORDING.

En del kvartærgeologiske spørsmål har jeg drøftet med professor OLAF HOLTEDAHL.

Det er en kjær plikt for meg i denne sammenhengen å nevne min lærer i jordbunnsføre, avdøde professor HANS GLØMME. Da jeg tok opp disse problemene til gransking, var han blitt så avkreftet at han ikke lenger maktet å være med på faglige drøftinger. Men det er uvisst om jeg uten oppfordring fra GLØMME var kommet inn på jordbunnsfærens rike forskningsfelt.

Til alle institusjoner og enkeltpersoner som på en eller annen måte har vært meg til hjelp, skal jeg også her få bære fram min takk.

Vollebekk, mars 1948.

J. L å g.

I. Oversikt og problemstilling.

1. Innleiing.

Ved gransking av norsk geologisk litteratur legger en merke til at de kvartærgeologiske undersøkelserne like fram til den siste tid særlig har vært konsentrert om studier av isranddannelser, strandlinjer, nivå- og klimaendringer. Publikasjonene om isavsmeltingen i det sentrale Norge skiller seg ut som særskilt gruppe. En del undersøkelser er lagt an med tanke på å løse problemer som knytter seg nær til andre fag som arkeologi, botanikk og zoologi. Når en leiter etter resultater som direkte kan nyttes som grunnlag ved utforskning av jordbunnsforholdene i Norge, synes det påfallende hvor lite det er gjort for å skaffe eksakte uttrykk for forholdet mellom egenskapene til lausavleiringene og oppbygningen av fjellgrunnen. Fra vårt land foreligger relativt få publikasjoner som hører inn under faget jordbunns-lære, og heller ikke her er disse spørsmålene tatt opp til grundigere utgreiing.

Men mange forfattere har så vidt streift problemene om forholdet mellom fjellgrunnen og opphavsmaterialet for lausavleiringene, og om ulike egenskaper hos jord som er blitt til av forskjellige bergarter. I norsk litteratur finner en f. eks. ofte uttalelser om at jorda er rik på fosfor fordi det er gabbro i fjellgrunnen, eller at transporten av lausmateriale med isen har vært liten da området ligger i nærheten av isskillet. Men som regel er ikke slike påstander nærmere underbygd.

Litteratur av interesse i denne sammenhengen blir drøftet seinere.

For klarlegging av innflytelsen av og vekselvirkningen mellom de forskjellige jordsmonndannende faktorer er det nødvendig å skaffe seg bedre kjennskap til opphavsmaterialet for lausavleiringene. Som jeg har påpekt tidligere (f. eks. foredrag i Bergen i mars 1946, LÅG [1948a]), skulle naturforholdene i Norge ligge meget godt til rette for utgreiing av alminnelige lovmessigheter for jordsmonndannelsen. Når en skal skaffe sikrere rede på forekomst og utbredelse av for-

skjellige jordsmonntyper i vårt land, trenger en nærmere kjennskap til forholdet mellom bergartene i fjellgrunnen og sammensetningen av de kvartærgeologiske avleiringene. Løsning av mange andre spørsmål med direkte praktisk og økonomisk tilsnitt henger også nøye sammen med klarlegging av relasjoner mellom fjellgrunnen og lausmaterialet. Flere forhold gjør det naturlig å begynne med undersøkelse av morenejorda.

2. Morenejordas utbredelse i Norge og forholdet mellom morenejorda og andre jordartsgrupper.

For våre naboland foreligger det en del karter og tallmateriale som viser utbredelsen av forskjellige hovedtyper av geologiske lausavleiringer. (Se f. eks. oversikter av BORNEBUSCH og MILTHERS 1935, AARNIO 1926, MALM 1938 og LUNDQVIST 1943). Landsskognakseringen har skaffet tall for myrrealene i Norges skoger. Ellers er det i vårt land svært lite materiale til bedømmelse av utbredelsen av forskjellige jordartsgrupper.

Etter BJØRLYKKE (1940 s. 26) ligger 85,7 % av Sør-Norges areal over den marine grensa. I litteraturen finner en nevnt at det vesentlig er sedimentær leir- og sandjord i det submarine område, og vesentlig morenejord i det supermarine område.

Så vidt en kan forstå, er det med slike uttalelser særlig siktet til de dyrkede arealene. Det er mye morenemateriale også under den marine grensa, men her er lite av denne jorda dyrket. Til dels er moreneavleiringene i disse lavere traktene utvaskete og sorterte i overflaten.

Av de ulike hovedtypene av moreneavleiringer er det bunnmorenedekkenene som avgjort har størst betydning for landbruket. Men disse morenedekkenene er ofret særlig liten oppmerksomhet ved geologiske undersøkelser. Endemorener og andre isranddannelser dekker bare små arealer, men mange slike avleiringer er blitt gransket svært grundig.

En kan skaffe seg god oversikt over bergartssammensetningen i morenemateriale ved hjelp av så enkle framgangsmåter som steintellinger.

Foreløpig har vi ikke grunnlag for nøyaktig vurdering og gradering av den økonomiske betydningen av de forskjellige jordartsgruppene i Norge. Men så vidt en kan forstå, skulle det ikke være tvil om at morenejorda er mye viktigere enn noen av de andre jordartsgruppene.

De sedimentære avleiringene er i mange høve dannet av materiale som er vasket ut av morenejorda. I andre tilfelle er sedimentene og morenejorda blitt til av samme slags fjellgrunn, men det sedimentære materialet er blitt fraktet bort med smeltevatnet straks, uten først å være avsatt som morenejord. Med omsyn til slike sedimentære avleiringer som gruskjegler og en del glacifluvial-dannelser, er det ofte lett å slå fast at materialet ikke kan være transportert lang veg. Det samme gjelder i mange høve også andre ferskvass-sedimenter. En skulle altså ha nytte av å kjenne opphavsmaterialet for morenejorda ved vurdering av slike sedimentære avleiringer.

Det er derimot vanskeligere å bedømme hvor lang veg materialet i den sedimentære leirjorda er transportert. Under ellers like vilkår holder partiklene seg svevende lenger desto mindre de er. Men i saltvatn kan selv finkornet materiale bunnfelles raskt. I motsetning til traktene rundt Østersjøen er det meste av leirjorda i vårt land bunnfelt i relativt saltrikt vatn. Forholdene i leirtakene ved enkelte teglverk (BRØGGER 1900—1901, DIETRICHSON 1923) kan tydes slik at transporten av materialet har foregått over forholdsvis små avstander. Det synes f. eks. i noen trakter å være ganske alminnelig å finne at *Iso-cardia*-leire ligger like over *Yoldia*-leire.

GOLDSCHMIDT (1926) har vist at det er sammenheng mellom sammensetningen av den sedimentære leira og av fjellgrunnen i forskjellige landsdeler. Men det er ikke utført detaljundersøkelser over mindre distrikter. Spørsmålet om forholdet mellom lausavleiringene og fjellgrunnen vil ellers være atskillig vanskeligere å løse for de fin-kornete sedimentene enn for morenejorda.

Morenematerialet har selvfølgelig ingen innflytelse på egenskapene til forvittringsjorda. Men de samme særegenskapene hos opphavsmaterialet kan sette preg både på morenejord og forvittringsjord.

Det skulle altså være tre grunner som taler for å begynne med morenejorda når en vil undersøke sammenhengen mellom fjellgrunnen og lausavleiringene: 1) Morenejorda har meget stor utbredelse og økonomisk betydning. 2) Det finnes relativt enkle framgangsmåter for undersøkelse av denne jordartsgruppen. 3) Mineral-sammensetningen av de sedimentære lausavleiringene er til dels avhengig av sammensetningen av morenejorda.

3. Problemstilling.

Ved disse undersøkelsene blir det prøvd å yte bidrag til løsning av følgende to spørsmål:

1. Hvilke spesielle egenskaper har forskjellige morenejordarter som er blitt til av bestemte bergarter?
2. Hvilken sammenheng er det mellom bergartssammensetningen i fjellgrunnen og materialet morenejorda er blitt til av?

Det er altså gått ut fra som gitt at det opptrer skilnader mellom morenemateriale av ulike bergarter, og at det kan skilles ut morenejord med forskjellig bergartssammensetning.

Ved gjennomføring av feltarbeidet faller det naturlig å undersøke enkelte andre forhold som ikke direkte kommer inn under de to spørsmålene ovafor, men som likevel hører til det samme problemkomplekset. Undersøkelser over jord av forskjellige bergarter blir innleidd med gransking av en del egenskaper hos pulverisert bergartsmateriale.

En må straks gjøre seg klart at fullstendig løsning av så omfattende spørsmål, er det foreløpig umulig å gi i Norge, blant annet fordi det foreligger detaljerte geologiske karter bare over en del av landet. Kravene til fjellgrunnkartene kan ellers bli noe forskjellige når kartverkene bare skal brukes innafor geologien, og når de dessuten skal tjene som grunnlag for arbeider i jordbunnsføre. Det kan f. eks. være store skilnader på ulike varieteter av samme bergart med omsyn til forvitring og frigjering av næringsstoffer. Fra jordbunnsførens synspunkt er det selvfølgelig viktig å få fram slike ulikheter. Ved jordbunnsundersøkelser har det derimot ingen direkte interesse om bergartene er av forskjellige aldrer dersom det ikke finnes ulikheter med omsyn til egenskaper som behandles i dette faget.

Etter at jeg tok opp disse problemene, er det fra Sverige og Finland kommet kvartargeologiske arbeider som delvis behandler de samme spørsmålene. Men en del av resultatene av slike granskinger er gyldige bare for det sted undersøkelsene er utført. Vi kan altså ikke vente på at andre skal klarlegge spørsmålene også for vårt land. I Norge, med de store variasjoner i sammensetningen av fjellgrunnen, skulle det også på flere måter være spesielt gode vilkår for å løse slike problemer.

Undersøkelsene ble planlagt ut fra jordbunnslærens synspunkt og med tanke på å skape grunnlag for jordsmonnstudier. Men en rekke av de enkeltproblemer som blir behandlet, har nøye sammenheng med kvartærgeologien. Resultater av feltundersøkelsene gjør det også nødvendig å gå grundigere inn på enkelte generelle geologiske problemer enn jeg fra først av hadde regnet med.

Spørsmålet om sammenhengen mellom bergartssammensetningen i fjellgrunnen og i morenejorda blir drøftet først i denne avhandlingen, fordi markarbeidet danner grunnlaget også for de undersøkelsene som er utført over egenskapene til lausmateriale av forskjellige bergarter.

II. Sammenhengen mellom bergartssammensetningen i fjellgrunnen og i morenejorda.

1. Litteraturoversikt.

A. Publikasjoner som behandler forholdene i Norge.

Kjennskap til dannelsesmåten for morenejorda er selvfølgelig et vilkår for nærmere utgreiing av forholdet mellom fjellgrunnen og lausmaterialet. Men på den andre sida har nettopp resultater av gransking av bergartsmaterialet i lausavleiringene hatt avgjørende innflytelse på klarlegging av spørsmål om hvordan morenejorda er blitt til. Av omsyn til sammenhengen skal jeg derfor nevne noen viktige arbeider fra tida, før en var klar over dannelsesmåten for morenejorda.

Alt i 1811 inndeler Hieronymus Heyerdahl flyttblokkene i Mjøstraktene i to grupper (HEYERDAHL 1811 s. 48): 1) Bergarter som finnes i fjellgrunnen i området, og 2) fremmede bergarter. På s. 10 i samme avhandlingen sier han at hovedmengden av de avrundete steinene hører heime i Gudbrandsdalen og den nordlige delen av Ringsaker. Heyerdahl holder seg til teorien om at det er vatn som har ført med seg lausmaterialet, og ut fra iakttagelsene sine slutter han at denne vass-strømmen er kommet nordfra. Playfairs teori fra 1802 om at flyttblokkene var transportert av breis som tidligere hadde hatt større utbredelse, var jo enda lite påaktet. En må gå ut fra at den norske teologen ikke har hatt kjennskap til denne forklaringsmåten. Men det ser ut til at Heyerdahl ikke har vært riktig fornøyd med vass-strømmen som forklaring på dannelsen av morenejorda. Under omtalen av fjell-

traktene i Ringsaker nevner han således (s. 8) at «Det var mig uventet at finde opsvømmet Land paa de egentlige Fjelde, i en Høide, hvor Vegetationen forknytted i den Grad, at kun Buske som *betula nana*, voxer.»

Noen år seinere skriver ESMARK (1824) at landet en gang må ha vært dekt av is. I dette klassiske arbeidet beskriver han moreneryggen ved Lysefjorden, og sier videre at ett av resultatene av isens virkning i Norge er at en finner blokker av andre bergarter enn de en har i fjellgrunnen under. Han nevner som eksempel på slikt (s. 40—41), området fra Morstuen ved Mjøsa til Løten. Som kjent ble denne tolkingen skjøvet til side i mer enn en menneskealder. I beretningen om en reise fra Oslo til Trondheim nevner ESMARK (1829) flere steder lausavleiringene. Han sier f. eks. (s. 35) at i nærheten av Røros har han funnet en mengde kalksteinblokker, og regner derfor med at denne bergarten må opptre i fast fjell i nærheten. Ellers omtaler han flere ganger at han har sett steiner av samme bergart som i fjellgrunnen under.

B. M. Keilhau har mange ganger omtalt flyttblokker. I innleiing til beretningen om en reise til Jemtland og Nord-Trøndelag (KEILHAU 1832 eller 1833 s. 19—20) sier han at han med stor interesse har notert seg hva for slags lause steiner en finner i de forskjellige områdene. Det er ved slike iakttagelser en kan få kjennskap til gangen av den store naturomveltningen som har ført til at blokker fra Skandinavia er ført til Nord-Tyskland, og blokker fra Finland til det indre av Russland. Videre ytrer han at han hadde en anelse om at utgangspunktet for denne omveltningen muligens var å finne i området han besøkte denne gangen. Men reisen har ikke ført til noe endelig resultat med omsyn til dette spørsmålet. Seinere nevner han mange eksempler på flyttblokker og setter dem i relasjon til fjellgrunnen. Blant annet kommer han til at det er ført blokker fra Sverige til Nord-Trøndelag.

I avhandlingen om stigningen av landet har KEILHAU (1838) omtalt en rekke flyttblokkforekomster. Han diskuterer transportretningen for blokkene og uttaler f. eks. (s. 196—197) at det for kyststrekningene på Sørlandet synes å gjelde ganske andre lover for utbredelsen av flyttblokkene enn for Østlandet og — så vidt en kjenner til — også i de indre traktene på Sørlandet.

Detaljerte og systematiske flyttblokkgranskinger er gjort av J. C. Hørbye. Ved undersøkelser i Femund-traktene fant han (HØRBYE

1855) at det har foregått materialtransport fra Sverige til Norge. Det viste seg også at bergarter som står i fast fjell på vestsida av grensa, fantes i blokker i Sverige. Blokktransporten ble satt i forhold til retningen av skuringsstriper («Friktionsmærker»). Han har lagt vekt på å granske utbredelsen til blokker av bergarter som er lette å kjenne, og som dessuten helst har liten utbredelse i fjellgrunnen. Det samme prinsippet blir fulgt også nå ved undersøkelser over slike spørsmål. Videre er det grunn til å merke seg en antydning til vurdering av mengdeforholdet mellom forskjellige bergarter i lausmaterialet (HØRBYE 1855 s. 344). Han nevner at i en ny vegskjæring i Aursund-traktene er opptil halvparten av steinene av en bestemt, karakteristisk bergart.

Hørbye har også i et par seinere arbeider drøftet spørsmålene om skuringsstriper, flyttblokker og avstander for materialtransporten.

Med publikasjonen av KJERULF (1858) om jorda over en del av Romerike og Aker, markeres et skille i norsk kvartærgeologi. Nedisningen av Skandinavia blir fastslått. Som argument for sin påstand bruker han blant annet forekomstene av flyttblokker. Han skiller ellers (s. 331) mellom «erratiske Blokke» og «Rullestenene . . . som have været med at skure Fjeldet». Disse undersøkelsene, som delvis hadde praktisk tilsnitt, førte altså til forståelse av et av de viktigste geologiske problemer som noen gang er behandlet i Norge. Kjerulf begynner sin avhandling med disse setningene: «Medens der allerede har været mange Hænder og Hoveder om Undersøgelsen af Norges Fjeldbygning... blev derimod det løse Terræn hidtil skjænket en kun ringe og forbigaaende Opmærksomhed.»

Omtrent samtidig med at Kjerulf offentliggjorde dette arbeidet, ble de samme forklaringsmåtene for dannelsen av morenejorda brukt i Sverige (se f. eks. BJØRLYKKE 1910 og ØYEN 1932).

Etter at istid-teorien var blitt alminnelig godkjent, er det blitt utført en del undersøkelser over innholdet av bestemte bergarter i lausmaterialet. Størst interesse i denne sammenhengen har de fullstendige bestemmelsene av mengdeforholdet mellom alle bergartene eller bergartsgruppene i lausavleiringene.

BRØGGER (1877) har utført steintellinger i et grustak ved Hauer seter. På 5 forskjellige steder er bergarten bestemt i 200—250 steiner. Det er meget god overensstemmelse mellom steintellingene fra de ulike stedene. Undersøkelsene viser at bortimot halvparten av steinene skriver seg fra sparagmittformasjonen, mens vel 50 % er kommet fra

fjellgrunnen i nærheten. Brøgger peker på at med de hjelpemidler en rår over ved en slik undersøkelse, kan en ikke være sikker på at absolutt alle bestemmelser blir riktige. Han nevner videre at resultatene av slike undersøkelser kan være til støtte ved drøfting av kvartærgeologiske spørsmål.

I det store arbeidet over de senglaciale og postglaciale nivåforandringene gjengir BRØGGER (1900—1901 s. 137) bestemmelse av bergartene i rullesteinmaterialet i den såkalte Svelvik-morenen. For de fleste bergartene er det bare nevnt om de forekommer i stor eller i liten mengde, men om grunnfjellbergartene blir det sagt at de utgjør minst $\frac{1}{3}$ av rullesteinene.

REUSCH (1901 a s. 91) har bestemt mengdeforholdet mellom forskjellige bergarter i rullestein på stranda ved Hassel på Lista. Så vidt en kan se, har han utført denne undersøkelsen for å få rede på hvor materialet i morenejorda er tilført fra.

P. A. Øyen er sannsynligvis den norske geologen som har interessert seg mest for bestemmelse av forholdet mellom bergartsmaterialet i lausavleiringene. Ved steintellinger i et grustak i Ås-morenen ved Frydenhaug har han (ØYEN 1900) bestemt bergarten i 505 steiner. Bortimot $\frac{2}{3}$ (63,6 %) var dypbergarter fra Oslofeltet. Bare ca. 16 % var grunnfjellbergarter. Forholdet mellom Oslofeltets dypbergarter er ikke bestemt, men det går fram av forklaringen at det særlig er nordmarkitt som er representert. Sparagmittbergartene er heller ikke ført opp særskilt i tabellen på s. 7 og 8, men etter opplysningene i teksten tilhører vel 10 % av steinene sparagmittformasjonen. Funn av enkelte spesielle bergarter er omtalt særskilt. Blant annet er det nevnt at det opptrer lett kjennelige bergarter fra Alunsjøfeltet. Ut fra resultater av steintellingene drøfter Øyen retningen for brebevegelsen, og kommer til at den må ha vært meget nær rett sør da Ås-morenen ble avsatt.

Noen år seinere har han (ØYEN 1904) utført steintellinger i et grustak ved Jøssong i Asker. I alt er bergarten i 284 steiner bestemt. Gruset var noe sortert av bølgene, men det blir opplyst at det synes å svare til bunnmorenematerialet på stedet. Ellers er jo uttrykket morenegrus brukt også i titelen på avhandlingen. En merker seg at en viktig gruppe som grunnfjellbergarter utgjør ca. 30 %, sparagmitt ca. 6 %, rombeporfyr 25 % og silurbergarter ca. 20 %. Det er ikke funnet steiner av nordmarkitt, men det opptrer både grunnfjellgranitt og mørk sparagmitt. Ut fra utbredelsen av disse bergartene i fast fjell

meiner Øyen å kunne fastlegge snevre grenser for retningen av brebevegelsen. Han kommer videre inn på spørsmålet om hvor lang veg materialet er transportert. På s. 7 i avhandlingen regner han med erosjonslengde på 120 km. Etter steintellingene utgjør rombeporfyr 25 %, og dette skulle svare til erosjonslengde på 30 km. Det blir pekt på at bestemmelsen av bergartsmaterialet er utført like sør for porfyrfeltet. En må ta omsyn til at mengden av erosjonsmateriale avtar noe med stigende avstand. Dessuten vil isen lettere grave laus materiale fra porfyrdekket enn fra grunnfjellet. Han finner det derfor riktig å redusere erosjonslengden over rombeporfyren med minst $\frac{1}{3}$. Etter en slik omregning svarer lengden noenlunde til avstanden tvers over porfyrfeltet, målt i retningen for en linje som skjærer felter både av grunnfjellgranitt og mørk sparagmitt. Øyen nevner seinere (s. 8) at mengden av silurmateriale viser hvilken relativt stor del bergarten i fjellgrunnen like inn mot avleiringen utgjør av grovmaterialet. Men så vidt en kan se, heller han til den oppfatningen at fjellgrunnen under og aller nærmest det undersøkte grustaket ikke er representert i dette lausmaterialet.

Forholdet mellom fjellgrunnen og lausmaterialet er tatt opp til ny drøfting noen år seinere (ØYEN 1907). Han offentliggjør nå en større undersøkelse av terrassegrus i Asker. Det er målt opp et areal på vel 2,5 dekar. Her er det utført bestemmelse av steinene som lå i dagen. I alt er bergarten bestemt i bortimot 8000 steiner. Det blir opplyst at terrassegruset er av utpreget littoral karakter. Men han finner at tallene for mengdeforholdet mellom bergartene stemmer bra overens med prosenttallene fra den foregående undersøkelsen. Han sier derfor til slutt at det viktigste resultatet av disse undersøkelsene synes å være at dette materialet bare er omlagret morenegrus som har vært på stedet på forhånd.

Øyen diskuterer også her retningen for brebevegelsen ut fra forekomster av ulike bergarter og gjentar resonnementet om erosjonslengden over rombeporfyrfeltet. Avstandene for materialtransporten er stilt sammen på følgende måte:

Flytningsavstand	0 m	0 %
»	500—1500 »	32,5 »
»	ca. 1,5 km	12,2 »
»	1,5—20 »	22,1 »
»	0—30 »	3,7 »

Flytningsavstand over 30 km 30,0 %¹⁾

Fjellgrunnen på stedet der undersøkelsen er utført, hører til etasje 4. Bergartene i avstanden 500—1500 m hører til etasje 5 og 6, så kommer sandsteiner og konglomerater, dernest rombeporfyr, og endelig skriver grunnfjellbergarter og sparagmitter seg fra avstander over 30 km. I den vesle gruppen med flytningsavstand 0—30 km er ført opp diabaser o. l. bergarter. Øyen peker igjen på at en stor del av materialet er fra de nærmeste omgivelsene. Men merkelig nok har han ikke funnet at noen av steinene stammer fra fjellgrunnen under og de nærmeste 500 m nordafor stedet der undersøkelsen er utført. Dette henger nok sammen med at han har lokalisert alt det kambrosiluriske materialet etter de forholdsvis få fossilfunnene han har gjort.

MILTHERS (1913) oppgir noen tall for mengdene av enkelte karakteristiske bergarter fra Oslofeltet og fra Sverige, i lausmateriale på Lista og Jæren.

Harald Bjørlykke har foretatt steintellinger i morenejord, terrasse-dannelser og strandvoller på i alt 8 steder på Lista (BJØRLYKKE 1929 s. 126—131). På de enkelte stedene er det undersøkt fra ca. 250 til vel 400 steiner. Materialet er i de fleste tilfellene delt inn i 3 grupper etter størrelsen av steinene (2—10 cm, 10—20 cm og over 20 cm). Med utgangspunkt i resultatene fra disse steintellingene blir det særlig drøftet hvorvidt en skal regne med at noe av lausmaterialet er tilført av isbre fra Skagerak. Det blir konkludert med at sannsynligvis er alt morenematerialet tilført av en bre fra nordøst, og at iallfall den vesentligste tilførselen av fremmede blokker til strandvollene er foregått med dravis.

Fridtjov Isachsen har bestemt mengdeforholdet mellom fremmede bergarter ved en undersøkelse av Skagerak-morenen på Jæren (HORN og ISACHSEN 1943 s. 28). På 4 en-kvadratmeters ruter har han bestemt og telt opp de steinene som ikke stammer fra fjellgrunnen i nærheten. Hensikten med undersøkelsen er å få rede på utbredelsen av Skagerak-morenen.

ROSENDAHL (1944 s. 204) har utført kvantitative bestemmelser av flintinnholdet i jorda i en vegskjæring i Bærum. Flintsteinene er telt, vekten bestemt og volumet regnet ut i prosent av heile jord-

¹⁾ Summen av prosenttallene blir 100,5. Det foreligger enten trykkfeil eller unøyaktighet i utregningene. Strekningen 20—30 km er ikke ført opp særskilt.

volumet. Resultatet av undersøkelsen brukes ved vurdering av isdekkets utbredelse under forskjellige stadier.

De to siste undersøkelsene er ellers ikke steintellinger i vanlig mening, da ikke alle bergartené i lausmaterialet er bestemt.

I arbeider innafor jordbunns læren er det i de siste 10—15 år offentliggjort resultater av enkelte steintellinger. Til forskjell fra de reint kvartærgeologiske arbeidsmåtene har disse undersøkelsene i regelen gått ut på å skaffe visse holdepunkter for bedømmelse av økonomisk viktige egenskaper hos lausavleiringene.

GLØMME (1940 s. 166—167) har fått utført steintellinger på noen steder i Vardal. Han sier direkte at hensikten er å få nærmere rede på opphavsmaterialet for jorda i distriktet. Steintellingene er utført i røyser og grustak. Mengdeforholdet mellom de forskjellige bergartene er oppgitt i prosent. For noen av stedene er materialet delt etter tverrmålet av steinene i gruppene 2—5 cm og 5—20 cm.

GYLAND (1935 s. 122) oppgir at omkring $\frac{4}{5}$ av steinene i morenejorda i Gyland og Bakke er av granitt. Resten er gneis og skifer.

HAUGUM (1936 s. 412—413) har foretatt steintellinger i grustak og steinrøyser på 9 steder i Bærum. Fra 60 til noe over 100 steiner av størrelsen 2—20 cm er bestemt. I et par tilfelle er også materiale over 20 cm undersøkt. Det er foretatt detaljert inndeling av bergartsmaterialet. I tilknytning til disse undersøkelsene er også Tamms base-mineralindeks blitt bestemt. Så vidt jeg har kunnet finne, er dette de første publiserte basemineralindeks-bestemmelsene i Norge."

HAUGUM (1938 s. 11) oppgir det prosentiske innholdet av grunnfjellbergarter på den eine sida og sandstein og skifer på den andre, i et par grustak i Trøndelag.

SEMB (1937 s. 548) offentliggjør resultater av undersøkelser på 4 steder i Hirkjølen forsøksområde. Så vidt en kan se av publikasjonen, er feltundersøkelsene utført av Glømme enten i 1931 eller et av de nærmeste årene etter. Det er gravd opp groper i moreneavleiringene, og steinene i det oppkastete materialet er blitt bestemt. Mengdeforholdet mellom store grupper av bergarter er uttrykt i volumprosent.

SEMB (1943 s. 17) har utført steintelling i forbindelse med uttaking av prøver fra et profil i morenejord på Grini i Gran, og mengdeforholdet mellom bergartsmaterialet blir oppgitt å være 2 % gneis, kvartsitt og kamptonitt og 98 % silurmateriale.

Forholdet mellom bergartssammensetningen i morenejorda og i fjellgrunnen er ellers streift av en rekke forfattere uten at spørsmålet er tatt opp til mer inngående behandling. F. eks. nevner HELLAND (1893 s. 16) at det har foregått storstilt flytning av lausmateriale. Et par sider lenger ute i avhandlingen nevner han at steinene i jorda i dalsidene ofte er forskjellige fra bergarten under, og at det gjerne er blanding av mange forskjellige slags bergarter i lausmaterialet. Så vidt en kan se, er det Valdres og Gudbrandsdalen det siktes til her, da disse dalførene er omtalt like foran. Det går fram andre steder i Hellands publikasjoner at han til dels har regnet med en nærmere relasjon mellom fjellgrunnen og morenejorda over.

K. O. Bjørlykke har berørt spørsmålet mange ganger. (Se f. eks. BJØRLYKKE 1906 s. 91, 1909, 1915, 1927, 1931, 1935, 1938, 1940). Videre kan nevnes arbeider av HUNDSEID (1911), LOFTHUS (1913), AARSTAD (1915), WERENSKIOLD (1920, 1943), Goldschmidt (GOLDSCHMIDT og JOHNSON 1922), HOLMSEN (1924), GLØMME (1925, 1926 b, 1928, 1932 a), VIGERUST (1936), Lundqvist (GRANLUND och LUNDQVIST 1937), en rekke av beskrivelsene til de geologiske kartbladene, m. fl.

Ellers har blokkundersøkelser vært drøftet og brukt i andre øyemed. F. eks. har HELLAND (1874) angitt minimumstykker for isen i noen Vestlands-fjorder og enkelte daler på Østlandet etter gransking av flyttblokkene, BUGGE (1939 s. 77—78) har streift spørsmålet om fjellgrunnkartlegging på grunnlag av blokkstudier, og i en rekke tilfelle er retningen for isbevegelsen drøftet ut fra funn av særegne bergarter i lausmaterialet. SCHIØTZ (1892, 1895, 1913), HANSEN (1895) og HOLMSEN (1915) har på lignende måte som Hørbye, undersøkt utbredelsen av karakteristiske flyttblokker i Østerdalen for å avgjøre hvilken retning isbevegelsen har hatt. HANSEN (1903) har drøftet utbredelsen av rombeporfyrblokker fra Brumunddalfeltet. Ellers har flere andre forfattere vært inne på lignende spørsmål for andre deler av landet. I en rekke tilfelle er forekomster av flint og andre særegne bergarter i lausmaterialet blitt diskutert med tanke på å finne yttergrensene for forskjellige isdekker eller utbredelsen av isen ved forskjellige stadier under siste istid. Spørsmål om materialtransport har også vært berørt i forbindelse med drøfting av funn av mammuttenner.

B. Kort omtale av litteratur fra andre land.

Det ser ut til at det i seinere tid har vært stigende interesse for utforskingen av moreneavleiringene. Særlig har kvartærgeologene i våre naboland gjennomført mange undersøkelser på dette området.

I Sverige er det utført et meget stort antall steintellinger i forbindelse med kvartærgeologiske undersøkelser. Det foreligger her en betydelig litteratur også fra eldre tid. LUNDQVIST (1935) har gitt en oversikt over den historiske utviklingen og drøftet metodespørsmål. Han har selv offentliggjort mange undersøkelser på dette området. Særlig er det grunn til å merke seg et arbeid over mineraljorda i Bergslagen (LUNDQVIST 1940). Nylig har han (LUNDQVIST 1946) gått gjennom de viktigste resultatene fra de siste 25 år. Tamm har flere ganger ut fra jordbunnslærens synspunkt behandlet spesielle egenskaper hos jord som er blitt til av bestemte bergarter eller bergartsgrupper. I arbeider av GRANLUND og WENNERHOLM (1935) og GRANLUND (1943) er det til dels drøftet spørsmål under samme synsvinkel.

Danskene har tatt i bruk egne arbeidsmåter for å skille materialet fra forskjellige istider eller isstrømmer fra hverandre. Alt for om lag femti år siden har USSING og MADSEN (1897) regnet ut forholdet mellom innholdet av flint og av eruptiver og krystallinske skifrer. Steinstykker som ikke går gjennom en 6 mm sikt, men som heller ikke er større enn et hønseeegg, er tatt med ved utregning av denne såkalte steintellingskoeffisienten. Slike bestemmelser er utført i en rekke forskjellige avleiringer. (Sammenfatninger med litteraturhenvisninger finnes f. eks. i «Oversigt over Danmarks Geologi», 1928). Nylig har MILTHERS (1942) publisert resultater fra en omfattende undersøkelse over mengdeforholdet mellom karakteristiske bergarter fra Oslofeltet, Dala- og Østersjø-området. Ut fra resultatene av disse steintellingene har han trukket opp grenser for utbredelsen av forskjellige isstrømmer. Metodikken er diskutert av ANDERSEN (1945) og MILTHERS (1945).

I Finland er det under og etter krigen blitt publisert arbeider som delvis behandler sammenhengen mellom fjellgrunnen og morenejorda. (OKKO 1941, 1944, KIVEKÄS 1946). Til dels har også spørsmålet vært streift av jordbunnsforskere som Aarnio og Kivinen.

Ved diskusjon av resultater fra egne undersøkelser kommer jeg igjen inn på enkelte utenlandske arbeider.

C. Drøfting.

Forholdet mellom fjellgrunnen og morenejorda er i de norske publikasjonene som regel nevnt bare med sidemerknader, mens arbeidene ellers behandler andre problemer vedrørende geologi, jordbunns lære, geografi eller jord- og skogbruksfag. Flere av arbeidene er gamle og lite påaktete. Krigen har gjort at det har vært vanskeligere enn ellers å finne fram til de utenlandske publikasjonene som behandler slike emner. Selv om jeg har lagt mye arbeid på litteraturgransking, kan jeg ikke føle meg trygg på at jeg har funnet alle de publikasjonene som er av interesse i denne sammenhengen.

Litteratur fra andre nordiske land kan i noen grad gi tilfang til utgreiing av tilhøvene i Norge, og arbeider fra andre områder kan også være av betydning. Men jeg har ikke villet oppta plass med å gå særlig grundig inn på den utenlandske litteraturen, da resultater av slike undersøkelser fra andre land i alminnelighet ikke direkte kan overføres til norske forhold. Jeg har derimot lagt vekt på å samle det vesentligste av den litteraturen som berører problemet om forholdet mellom bergartssammensetningen i fjellgrunnen og i morenejorda i Norge.

Granskinga av flyttblokkene har utvilsomt hatt mye å si da det i sin tid galdt å komme til klarhet over de omfattende nedisingene. Seinere er det ved blokkstudier ytt meget verdifulle bidrag til klarlegging av isens bevegelsesretning, utbredelsen av breisen, isdekkets tykkelse, m. m. I en del tilfelle har resultater av slike undersøkelser fått betydning for gransking av fjellgrunnen. Fra malmleiding i våre naboland finnes pene eksempler på hvordan studiet av bergartssammensetningen har ført til viktige oppdagelser vedrørende fjellgrunnen. Men det finnes også dømme på gale resonnementer ved vurdering av tallmateriale fra steintellinger. ØYEN (1904 s. 6) har funnet steiner både av grunnfjellgranitt og sparagmitt i lausmaterialet i Asker, og han slutter av dette at brebevegelsen må falle sammen med en rett linje som kan trekkes fra stedet for steintellingene og over felter med grunnfjellgranitt og sparagmitt. Men i morenejord kan en jo finne steiner fra bergartsområder som ikke har noen slik felles skjæringslinje. Retningen for brebevegelsen kan altså ikke uten videre bestemmes på dette grunnlag. Øyen fortjener ellers anerkjennelse for at han har brukt steintellinger i relativt betydelig omfang for å skaffe eksakte mål for mengdeforholdet mellom de forskjellige bergartene. Men hans

arbeider på dette området er blitt lite påaktet, og han har heller ikke selv fortsatt å forfølge disse problemer.

K. O. Bjørlykke har på mange steder nevnt noen ord om sammen-setningen av morenejorda i forhold til fjellgrunnen. Med sin utdanning og sin virksomhet både innafor geologien og jordbunns læren skulle han hatt meget gode forutsetninger for å klarlegge slike spørsmål. Men det ser ut til at han ikke har interessert seg for å gå grundigere inn på disse generelle problemene. Det kan ellers tenkes at han i virkeligheten hadde en bedre innsikt i disse spørsmålene enn hans publikasjoner synes å vise, men at han altså ikke har offentliggjort alt sitt materiale.

I ett tilfelle har Bjørlykke ut fra publiserte resultater av steintellinger, trukket meget tvilsomme slutninger om jorda i distriktet. Med utgangspunkt i steintellingene til ØYEN (1900) sier Bjørlykke (BJØRLYKKE og LØDDESØL 1930 s. 286) at jorda i Ås må etter sin opprinnelse forutsettes å ha et betydelig kaliuminnhold da nordmarkitt er en forholdsvis kaliumrik bergart. Til støtte for oppfatningen om kaliuminnholdet i jorda viser han til noen gamle resultater fra gjødslingsforsøk ved Norges Landbrukshøgskole, der det ikke var blitt større avlingsutslag for tilført kalium. Han har også en gang tidligere (BJØRLYKKE 1900 b s. 565) uttalt seg i samme retningen.

Det lausmaterialet Bjørlykke har omtalt fra Menstadseterskogen i Gjerpen (se f. eks. BJØRLYKKE 1931), blir drøftet nærmere seinere (s. 79 o. ff.).

Det finnes ellers opplysninger om mengdeforhold mellom bergartene i lausmaterialet og forholdet mellom fjellgrunnen og jorda i noen andre eldre arbeider. Men det virker nærmest tilfeldig når slike spørsmål er blitt drøftet, og mer omfattende, planmessige undersøkelser er ikke gjennomført.

I de siste tjue år er det gjort noen få kvantitative bestemmelser av bergarter i lausavleiringene for å kunne bedømme utbredelsen av det siste isdekket under forskjellige stadier og av materiale som er ført fram av forskjellige isbreer. Med støtte i resultater fra slike undersøkelser er det til dels trukket viktige slutninger. Men slike arbeidsmåter er ennå svært lite brukt i vårt land.

I noen arbeider i jordbunns lære fra den seinere tid er det gjengitt resultater av steintellinger. Men slike undersøkelser er gjennomført bare i meget beskjedent omfang. Det er i ett tilfelle utført volumbestemmelser i stedet for tellinger av steinmaterialet. Hensikten med slike undersøkelser har vært å finne ut hvilke bergarter jorda på ved-

kommende sted er blitt til av. Materialtransporten i sin alminnelighet er derimot ikke tatt opp til behandling.

De aller fleste steintellingene i Norge er utført i grustak og steinrøyser. I mange høve kan en derfor ikke uten videre overføre tallene til morenejorda i de samme traktene.

Litteraturen om de norske lausavleiringene er i det heile meget sparsom. Ut fra kjennskapet til dette er det også lettere å forstå at problemene som knytter seg til forholdet mellom oppbygningen av fjellgrunnen og bergartssammensetningen i lausavleiringene, ikke er ofret større oppmerksomhet. De norske kvartærgeologene har ellers som nevnt særlig arbeidd med heilt andre problemer. Innafor jordbunnskøleren er det ennå ikke gjennomført mer inngående undersøkelser for å analysere innflytelsen av de forskjellige faktorene på jordsmonndannelsen. Det kan dermed forklares at heller ikke jordbunnsforskerne har vist større interesse for spørsmålet.

2. *Egne undersøkelser.*

A. Framgangsmåter under arbeidet.

For å få mål for bergartssammensetningen hos morenematerialet er det valt å undersøke forholdet mellom antallet av steiner av forskjellige bergarter eller bergartsgrupper. Til forskjell fra de vanligste framgangsmåtene ved steintelling har jeg i alminnelighet gravd ut steinene fra selve moreneavleiringen. Ved disse undersøkelsene har det først og fremst vært meininga å skaffe talluttrykk for sammensetningen av de alminnelige, vidt utbredte dekkene av morenejord. Når steintellingene skal gi opplysninger om endemorener og andre isranddannelser, har jeg derimot ofte utført bestemmelsene i utsortert materiale i grustak. Det er selvfølgelig langt mer arbeidskrevende å gjennomføre undersøkelsene når en først må grave ut materialet enn når en bare kan utføre steintellingene i steinrøyser. Men med denne mer brysomme arbeidsmåten er en sikker på å få undersøkt det materiale som virkelig hører heime i morenedekket. Små og lettforvitrelige steiner «blir lett borte» i større steinrøyser som har ligget en tid. Ved denne framgangsmåten kan en også bestemme stedene for undersøkelsene uavhengig av grustak og av røyser av stein fra dyrket jord.

Ved disse undersøkelsene har det altså vært om å gjøre å få holdepunkter for bedømmelse av bergartssammensetningen i morenejorda

på hvert enkelt sted som er undersøkt. En må være merksam på at endringer i problemstillingen kan føre med seg at andre arbeidsmåter passer bedre. I Danmark har det vært gjennomført omfattende undersøkelser der forholdet mellom få, utvalte bergarter er blitt bestemt (se f. eks. MILTHERS 1942). Disse steintellingene i Danmark er fortrinsvis blitt utført i grustak, samlinger av strandstein og røyser av stein fra dyrket jord.

Steiner som ikke er større enn at de lett kan kastes opp med spaden og ikke mindre enn at bergarten kan bestemmes, er tatt med ved undersøkelserne. Dette svarer noenlunde til størrelsen 2—20 cm, — altså gruppen stein etter Atterbergs skala. En del steiner har det, som ventet, vært umulig å bestemme. Som regel har gruppen ubestembare steiner vært under $\frac{1}{4}$ av materialet, og oftest har den utgjort en heilt ubetydelig brøkdel. Det er prøvd å velge steder for undersøkelserne slik at denne gruppen ikke skal bringe noen større usikkerhet i resultatene. Gjennomforvitrete steiner er det ofte umulig å bestemme. For mest mulig å unngå forskyvninger på grunn av ulikheter i motstandsevne mot forvitring, er steinene fra profilets øverste lag ikke tatt med. Ellers har det selvfølgelig vært nødvendig å passe på at hver stein som faller i stykker når den blir tatt opp, ikke blir telt med mer enn en gang.

På hvert sted det er utført steintellinger, er bergarten bestemt i minst 100 steiner. Mengdeforholdet er regnet ut i prosent. Dersom det har vært noen tvil ved bergartsbestemmelsen, er steinen blitt knust eller slått av et mindre stykke for å få fram friske bruddflater. Foruten hammer er det ikke brukt andre hjelpemidler under bestemmelsene enn kniv, lupe og i noen tilfelle saltsyreoppløsning. Det er klart at en under slike tilhøve ikke kan være sikker på å få bestemt alle steinene riktig. Men hvis en skulle ta til med mikroskopering i større utstrekning, ville det jo gi et uforholdsmessig stort merarbeid som igjen måtte føre til at en fikk et langt mindre materiale. Slik spørsmålet er stilt i dette tilfelle, har en nøyaktig bergartsbestemmelse i mange høve heller ikke vært nødvendig. Ved valg av steder for undersøkelserne har en også i alminnelighet prøvd å sikre at en kommer til å arbeide med bergarter eller bergartsgrupper som er relativt lette å skille fra hverandre.

Under markarbeidet viste det seg ofte nødvendig å slå sammen materialet av bergarter som sto nær hverandre, da det til dels kunne være umulig å skille slikt bergartsmateriale med de hjelpemidler som sto til rådighet. Ved sammenstilling av tallene syntet det seg at en i svært

mange tilfelle fikk hovedresultatene like godt fram om en samlet bergartene bare i få, store grupper. På denne måten kunne en for det første spare mye plass og dermed store utgifter ved publiseringen. Dessuten er det sannsynlig at det blir mindre virkning på tallmaterialet av eventuelle gale bergartsbestemmelser. Det er jo i alminnelighet de nær beslektete bergartene som er vanskeligst å skille.

Av andre metoder som det kunne komme på tale å bruke ved slike undersøkelser, kan nevnes måling av volumene eller vektene av materiale fra de forskjellige bergartene. Videre har det vært brukt å bestemme steinene i jordoverflaten på et bestemt areal (LUNDQVIST 1935 s. 16 o. ff.). Men for dette formålet synes slike metoder å passe dårligere enn bestemmelse av det relative antallet. Måling av ulikheter i innholdet av særegne mineraler har også til dels vært brukt. Mest kjent er vel framgangsmåten med bestemmelse av magnetittinnholdet. Bestemmelse av innholdet av sjeldne grunnstoffer som er karakteristiske for særegne bergarter, kunne også komme på tale. Men de to siste framgangsmåtene krever en del spesielt utstyr, og jeg har derfor foreløpig ikke hatt høve til å prøve dem.

Det er klart at en ikke uten videre kan bruke tallene for den prosentiske sammensetningen av steingruppen i morenejorda som uttrykk for opphavsmaterialet for de fineste fraksjonene. Fra tidligere undersøkelser er det jo kjent at det kan være stor skilnad på forskjellige grupper av grovere materiale med omsyn til mengdeforholdet mellom ulike bergarter. Bruddstykker av en skifrig og blaut bergart blir lettere oppknust til finmateriale enn steiner og blokker av en hard bergart. Som eksempel kan vi tenke oss forholdet mellom leirskifer eller fyllitt på den eine sida og kvartsitt på den andre. Skiferen vil lett smuldre opp og bli til grus, sand og leire, mens kvartsittmaterialet har større motstandskraft mot de nedbrytende kreftene og holder seg i langt større utstrekning som steiner og blokker. Dermed kan det lett bli forskjellige mengdeforhold mellom materialet i de ulike kornstørrelsesgruppene. For gransking av de viktigste egenskapene hos jordsmonnet spiller variasjoner i bergartssammensetningen innafor stein- og blokkgruppen mindre rolle enn ulikheter i opphavsmaterialet for de finere fraksjonene.

Ved bedømmelse av opphavsmaterialet for lausavleiringene kan en altså ikke ukritisk nytte framgangsmåten med steintelling. Men når en bruker metoden med varsomhet, er den et meget enkelt og godt hjelpemiddel for klarlegging av bergartssammensetningen hos

ulike moreneavleiringer. Ved valg av høvelige steder for undersøkelene kan en også unngå atskillig av svakhetene ved framgangsmåten. Spørsmål om tolking av resultater blir ellers behandlet i det følgende i forbindelse med tallmateriale som legges fram.

Etter hvert som undersøkelene skred framover, viste det seg at moreneavleiringene på mange steder var blitt til praktisk talt bare av en enkelt bergart. Når en har noe øvelse i å bedømme bergartsmaterialet i morenejorda, er det som regel lett å bli klar over slike forhold uten å gjennomføre steintellinger. Det viste seg også mulig å bedømme mengdeforholdene noenlunde riktig skjønnsmessig der bare et par lett kjennelige bergarter eller bergartsgrupper dominerte i morenematerialet. Jeg gikk derfor i stor utstrekning over til å vurdere mengdeforholdet mellom bergartene i morenejorda på denne måten. Selvfølgelig er det store svakheter ved slike subjektive bedømmelser, men ved stadig å jamføre med resultater av steintellinger, syntes jeg at framgangsmåten etter hvert ga meget gode resultater.

Ved oversiktsturer gjennom det området som var valt ut til undersøkelse, noterte jeg det omtrentlige forholdet mellom bergartene i morenejorda. I trakter med noenlunde nye vegskjæringer kunne en på denne måten raskt få samlet et stort og relativt pålitelig iakttagelsesmateriale. På steder der bergarten i fjellgrunnen under dominerte i lausmaterialet, kunne en f. eks. få notater om at mengden av tilført materiale var mindre enn 5 %, mindre enn 2 %, mindre enn 15 %, osv. Etter at en på denne måten hadde skaffet seg et innblikk i sammensetningen av morenematerialet i et større område, kunne en utføre detaljundersøkelser på steder som særlig egnet seg for det.

Ved steintellinger og skjønnsmessig vurdering har jeg i det heile samlet inn et meget stort materiale for bedømmelse av forholdene mellom bergartene i fjellgrunnen og i moreneavleiringene. Av omsyn til plassen blir bare et utdrag av resultatene gjengitt.

Undersøkelsene måtte fortrinsvis bli lagt til distrikter der fjellgrunnen var kartlagt. Det var ellers nødvendig å finne områder der bergartene i moreneavleiringene var lette å bestemme makroskopisk. De beste vilkårene for måling av omfanget av materialtransporten får en videre når det går skarp bergartsgrense loddrett på retningen av isbevegelsen. Det vil også lette vurderingen av tallmaterialet fra stein-

tellingene om bergartene har like stor motstandsevne mot de nedbrytende kreftene. Videre viste det seg etter hvert at topografien har spilt en stor rolle for transporten av morenematerialet, og dette forholdet var det nødvendig å ta omsyn til ved valg av steder for undersøkelser. Arbeidet ble planlagt og påbegynt under krigen. De vanskelige kommunikasjons- og provianteringsforhold gjorde at en ikke sto så fritt med valg av undersøkelsesområder som ellers.

Det var etter dette naturlig å legge en stor del av undersøkelsene til Oslofeltet og tilgrensende områder. Her har en mange utpreget forskjellige bergarter eller bergartsgrupper med relativt skarp avgrensing i marka. De geologiske rektangelkartene¹⁾ over det meste av Oslofeltet er av forholdsvis ny dato. Undersøkelser fra de siste år har riktignok ført til endring av en del bergartsbetegnelser, og det har videre vist seg at kartene heller ikke er nøyaktige på alle punkter. Den sterkeste detaljerte bergartsinndeling som ble innført av W. C. Brøgger, har mindre interesse når en arbeider uten mikroskopering. Det er ellers i denne sammenhengen grunn til å være merksam på at en ved fortsatte studier av eruptivene i Oslofeltet, er tilbøyelig til å regne med jevnere overganger mellom de forskjellige bergartene enn Brøgger gjorde (se f. eks. HOLTEDAHL 1943 s. 22).

Det foreligger dessuten et meget stort antall kjemiske totalanalyser av Oslofeltets eruptiver (BRØGGER 1933). Mange av disse bergartene ble valt ut for gransking av kjemiske egenskaper hos kunstig framstilt lausmateriale med forskjellig mineralsammensetning (se s. 100 o. ff.). Det falt naturlig å prøve å skaffe analysetall for morenejord av noen av de samme bergartene.

Det ble utført en del undersøkelser i grunnfjellområdet på østsida av Oslofjorden, særlig for å granske transporten sørover av materiale fra Oslofeltet.

For å skaffe et allsidigere materiale av jordarter og bergarter er det også utført en del undersøkelser innafor andre bergartsområder. Dette omsynet har gjort at også trakter som ikke har detaljerte fjellgrunnkart, er blitt undersøkt.

Oppdagelser som ble gjort etter hvert, har også i noen grad hatt innflytelse på valg av områder for undersøkelsene. Således førte funnene av moreneleire i Totenvika og i Hurdal (se s. 59 o. ff.) til at jeg la mye arbeid på å leite opp og undersøke slike avleiringer.

¹⁾ Av W. C. Brøgger og Jakob Schetelig.

Ved gransking av forskjellige typer av morenejord er det ofte av interesse å fastslå alt ute i marka om jorda inneholder kalsiumkarbonat, og bestemmelse av karbonatgrensa er av betydning under jordsmonnstudier. Når innholdet er stort, er det jo lett å påvise stoffet ved å slå litt fortynnet saltsyre på en jordklump. Men en slik arbeidsmåte er lite tilfredsstillende når det gjelder å påvise små karbonatmengder. Ved disse undersøkelsene har jeg derfor brukt en noe mer bestemt framgangsmåte.

Under feltarbeidet har jeg hatt med noen reagensglass og to små flasker med henholdsvis mettet koksaltoppløsning og ca. 6 n. saltsyre. Reagensglasset ble fylt omtrent til tredjedelen med morenemateriale. Lufta ble trengt ut ved at det ble fylt på så mye koksaltoppløsning at den så vidt sto over jorda. Deretter ble det tilsatt saltsyre. Forat syren straks skulle komme best mulig i berøring med materialet, ble den tilført med en liten sprøyte langs kanten av glasset.

Det ble utført noen enkle prøver med karbonatfri jord der det var innblandet kjente mengder kalsiumkarbonat, for å få holdepunkter for bedømmelse av framgangsmåten. I alminnelig mineraljord kunne en som oftest lett påvise innhold av kalsiumkarbonat på ned til ca. 0,1 %.

B. Gjennomføring av undersøkelser i forskjellige områder.

a. Traktene langs Oslofjorden.

Ås og tilstøtende distrikter.

(Rektangelkartene 14 B, Moss, og 15 A, Eidsberg.)

Det er utført en del steintellinger i grustak i Ås-morenen¹⁾ for å få holdepunkter for bedømmelse av bergartssammensetningen. Med omsyn til de karakteristiske trekk ved oppbygningen av denne ryggformete israndavleiringen vises til publikasjoner av K. O. Bjørlykke (BJØRLYKKE 1900 a, 1905, 1913, 1914, BJØRLYKKE og LØDDESØL 1930). Fjellgrunnen her og i tilstøtende trakter finner en angitt på kartene til KJERULF (1865) og GLEDITSCH (1945) og ellers på geologiske rektangelkartblad og oversiktskarter i mindre målestokk.

Noen steintellinger er også utført i en morenerygg sør for husene

¹⁾ Navnet Ås-morenen blir brukt også her, fordi det er alminnelig kjent fra litteraturen. Men ellers har jeg foretrukket å bruke uttrykket *isranddannelser* som samnavn for slike avleiringer.

på gården Østby — nabogården til Norges Landbrukshøgskoles eiendom. I alt er det foretatt steintellinger på 9 steder i disse to jordryggene. Da sammensetningen av steinfraksjonen viste seg å være noenlunde den samme i begge avleiringene, blir tallmaterialet slått sammen ved den statistiske behandling.

Det gjelder her først og fremst å få rede på materialtransporten, og jeg kommer derfor særlig til å drøfte mengdeforholdet mellom steiner av bergartene på stedet og steiner som er tilført fra andre bergartsområder. Tabellen nedafor viser de aritmetiske gjennomsnitt og middelfeilene på gjennomsnittene for noen store bergartsgrupper. Standardavvikelsen kan beregnes som mål for spredningen. Da de aritmetiske gjennomsnitt her er beregnet av 9 enkeltobservasjoner, er standardavvikelsen tre ganger så stor som middelfeilen.

Tabell 1.

Sammenstilling av prosenttallene fra 9 steintellinger i Ås-morenen og moreneryggen sør for Østby i Ås. Aritmetiske gjennomsnitt og middelfeil på gjennomsnittene ($A \pm m$).

Grunnfjellbergarter (gneis, granitt, amfibolitt, pegmatitt) ...	15 \pm 1,5
Oslofelt-eruptiver	65 \pm 1,0
Leirskifer, hornfels, kalk- og sandstein (sannsynligvis fra Oslofeltet)	6 \pm 0,9
Sparagmitt og kvartsitt	14 \pm 1,7

Det går fram av tabellen at eruptivene fra Oslofeltet dominerer. Under opptellingene har jeg slått sammen Oslofelt-granittene og bergartene i den såkalte nordmarkitt-pulaskitt-rekken. Denne siste gruppen skulle da også omfatte ægirinsyenitten som SÆTHER (1945) har påvist dekker større arealer enn en tidligere har regnet med. Uttrykket nordmarkitt blir til dels brukt som samnavn for nordmarkitt-pulaskitt og ægirinsyenitt. Jeg har unnlatt å gjennomføre en detaljert gruppering, da det jo er umulig makroskopisk å skille med sikkerhet i alle tilfelle enkelte av de bergartene som står nærmest hverandre. Men jeg skal peke på noen viktige hovedtrekk med omsyn til mengdeforholdet mellom forskjellige eruptivbergarter fra Oslofeltet.

Av Oslofelt-eruptivene utgjør granitter og nordmarkitt med nærstående syenitter tilsammen som regel over $\frac{4}{5}$. I denne store gruppen dominerer igjen syenittene fullstendig. Uten at det her kan føres opp eksakte prosenttall, kan det antydes at nordmarkitt og nærstående

syenitter må utgjøre nesten halvparten av alle de opptelte steinene. Blant eruptivene fra Oslofeltet er det en del av felsitter og ellers av finkornete, dels porfyriske, gangbergarter. Larvikitt-kjelsåsitt-bergartene utgjør i gjennomsnitt mindre enn 1 %, og det samme gjelder rombeporfyrene. Diabaser og Oslo-essexitter med tilhørende basalter er også sjeldne.

I gruppen grunnfjellbergarter er det som ventet gneis og gneislignende granitter som dominerer. En må i denne sammenhengen huske på at det også finnes en del kvartsitt i grunnfjellet. Ved disse undersøkelsene er kvartsitt og sparagmitt slått sammen.

De kambrosiluriske sedimentbergartene er ikke lette å bestemme. Kvantitativt sett utgjør ikke denne gruppen noen betydelig del av materialet, så den spiller ingen stor rolle for bedømmelse av materialtransporten. Den omfatter jo også bergarter med vidt forskjellig motstandsevne mot nedbrytende krefter. Oslofeltets hornfelser er alminnelige i denne gruppen.

Blant sparagmitt- og kvartsittsteinene utgjør den grå sparagmitt en stor del. Det er også funnet noen få eksemplarer av rød sparagmitt. En enkelt av steinene i denne gruppen hadde rødfiolette feltspatkorn og skulle altså være Valdres-sparagmitt. Som en kunne vente, er sparagmittsteinene godt tilrundete etter den lange transporten og ser i mange tilfelle nærmest ut som rullesteiner. Mange av kvartsittsteinene er mer kantete, og dette kan tyde på at de er transportert noe kortere veg. Blant kvartsittene finnes det en del av den såkalte blåkvartsen.

Jamføres tallene i tabell 1 med resultatene av steintellingen til ØYEN (1900), må en si at overensstemmelsen er meget god. Når en grupperer hans materiale på samme måte som foran, kommer ca. 16 % under grunnfjellbergartene og ca. 68 % under Oslofelt-eruptivene. Men Øyen har funnet at ikke mindre enn 63,56 % av heile materialet er hva han har kalt lakkolitt-bergarter fra Oslofeltet. Så vidt en kan se, er det granitter og nordmarkitt med nærstående syenitter som er kommet inn under denne gruppen. Jeg har ikke funnet så høye tall for denne gruppen ved mine undersøkelser, men noen særlig stor uoverensstemmelse er det heller ikke her.

Undersøkelsene viser altså at det er Oslofelt-bergartene som dominerer i steinfraksjonen i disse jordryggene i Ås. Eruptiver fra Oslofeltet utgjør aleine nær to tredjedeler av antallet, mens grunnfjellbergartene har knapt en sjettedel. Det går på denne måten klart fram at det aller meste av grovmaterialet

i disse avleiringene er transportert meget lang veg.

Åkebakkeskogen på Norges Landbrukshøgskoles eiendom ble valt som område for undersøkelse av bunnmorenemateriale i Ås. Fjellgrunnen her er til dels dekt av et ganske tynt lag av morenemateriale. I forsenkningene ligger det gjerne sedimenter over morenejorda. Da området ligger under den marine grensa, er også morenematerialet i noen grad påvirket av havet. Men om noe leirmateriale er fjernet fra de øverste jordlagene, kan det ikke ha foregått noen omfattende transport og omleiring av grovere materiale på de stedene steintellingene er utført.

Tykkelsen av morenedekket har en viss interesse i denne sammenhengen. Der jeg ved graving av profilene kom ned på fast fjell, ble dybden målt. Ellers prøvde jeg å bedømme tykkelsen av lausavleiringene ved å se på terrenget omkring. På de stedene disse undersøkelsene er utført, varierte tykkelsen av moreneavleiringene — bestemt på denne måten — mellom 0,7 m og ca. 2 m. Det var stor variasjon i den mekaniske sammensetningen, men i svært mange høve var grovsandkarakteren sterkt framtreddende. Tabellen nedafor viser fordelingen av steinene mellom de samme store bergartsgruppene som det er regnet med foran.

Tabell 2.

Sammenstilling av prosenttallene fra 9 steintellinger i morenedekket i Åkebakkeskogen i Ås. A \pm m.

Grunnfjellbergarter (gneis, granitt, amfibolitt, pegmatitt)	45 \pm 2,1
Oslofelt-eruptiver	33 \pm 0,9
Leirskifer, hornfels og sandstein (sannsynligvis fra Oslofeltet)	11 \pm 2,0
Sparagmitt og kvartsitt	11 \pm 0,9

Det er meget påfallende at mengden av grunnfjellbergarter her nærmer seg halvparten, mens Oslofelt-eruptivene kommer ned i en tredjedel. Det er statistisk sikker forskjell fra tallene for steintellingene i Ås-morenen og moreneryggen ved Østby.

Det ble ikke funnet kalksteiner ved disse steintellingene. Men tallet for leirskifer, hornfels og sandstein er noe større enn i foregående tabell. Gjennomsnittstallet i tabell 2 er blitt så stort fordi det var

usedvanlig mye skiferbiter på noen av de stedene der tellingene ble foretatt. Sannsynligvis har tilfældigheter ført til at større skiferstykker under transporten med breen har smuldret opp like i nærheten. Derfor er det vel riktigst å ikke legge noen vekt på skilnaden i denne gruppen.

Tallet for sparagmitt og kvartsitt er noe mindre enn i foregående tabell. Kvartsittsteinene var ofte ganske skarpkantete.

Da K. O. Bjørlykke har vist at iskanten sannsynligvis har gjort et framstøt den gang Ås-morenen ble til, kunne en tenke seg at vilkårene for tilføring av materiale nordfra var dårligere for distrikter sør for denne israndavleiringen. Men dette forholdet gir iallfall ikke noen forklaring på skilnadene her, da Åkebakkeskogen ligger lenger nord enn framkanten av Ås-trinnets isranddannelser.

Steintellinger i skogen nordvest for Nordby kirke ga lignende resultater som disse undersøkelsene i Åkebakkeskogen.

Forholdet mellom endemorener og de mer typiske morenedekkerne med omsyn til sammensetningen av steinfraksjonen, vil bli nevnt også seinere. Men en kan slå fast at etter disse steintellingene, er det tynne morenedekket i Åkebakkeskogen mye rikere på materiale fra fjellgrunnen i området enn Ås-morenen og moreneryggen ved Østby.

Det er også utført steintellinger i et stort grustak i Askimskogen i Ås, like på vestsida av vegen mellom stasjonene Ås og Holstad. De kvartærgeologiske forholdene er ikke undersøkt så nøye på forhånd her som for Ås-morenen. Men avleiringen hører til Ås-trinnet og er en isranddannelse med til dels utpreget lagdeling.

Tabell 3.

Sammenstilling av prosenttallene fra 4 steintellinger i grustak i Askimskogen i Ås. $A \pm m$.

Grunnfjellbergarter (gneis, granitt, amfibolitt, pegmatitt) ...	$27 \pm 2,8$
Oslofelt-eruptiver	$59 \pm 3,3$
Leirskifer, hornfels, kalk- og sandstein (sannsynligvis fra Oslofeltet)	$4 \pm 0,6$
Sparagmitt og kvartsitt	$10 \pm 0,6$

Sammenstillingen viser at det også her er mest av eruptiver fra Oslofeltet. I denne gruppen dominerer igjen nordmarkitt og nær-

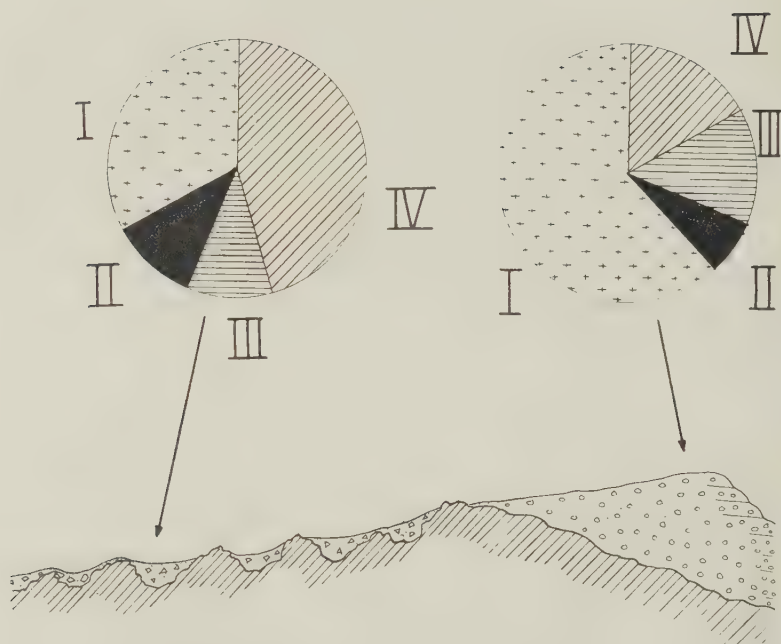


Fig. 1. Skjematisk framstilling av mengdeforholdet mellom forskjellige bergartsgrupper i en isranddannelse og i et tynt morenedekke i Ås. I. Oslofelt-eruptiver. II. Leirskifer, hornfels, kalk- og sandstein. III. Sparagmitt og kvartsitt. IV. Grunnfjellbergarter.

stående syenitter. Men det gjennomsnittlige innholdet av grunnfjellbergarter er noe større enn i Ås-morenen og moreneryggen ved Østby. Ellers merker en seg at spredningen for disse to bergartsgruppene er noe større i tabell 3 enn i tabell 1. Det er litt nedgang for innholdet av sedimentbergarter på samme måte som for Oslofelt-eruptivene.

Videre er det utført 4 steintellinger i Ottersrud-grustaket i Frogn. Stedet ligger vest for Årunen litt mer en midtvegs ut mot Oslofjorden. Avstanden fra Norges Landbrukshøgskole er bare 7—8 km. Topografien i traktene nordafor er sterkt oppbrutt. Grustaket ligger i en isranddannelse som hører til Ski-trinnet. Avleiringen synes å ha en tykkelse av noenlunde samme størrelsesorden som Ås-morenen. I østveggen i grustaket så det ut til å være dårlig sortert eller nærmest usortert morenemateriale. Ellers var materialet for det meste tydelig lagdelt.

Tabell 4.

Sammenstilling av prosenttallene fra 4 steintellinger i Ottersrud-grustaket i Frogn. A \pm m.

Grunnfjellbergarter (gneis, granitt, amfibolitt, pegmatitt) ...	47 \pm 1,7
Oslofelt-eruptiver	35 \pm 1,6
Leirskifer, hornfels, kalk- og sandstein (sannsynligvis fra Oslofeltet)	12 \pm 1,6
Sparagmitt og kvartsitt	6 \pm 1,3

Sammenstillingen viser at her er grunnfjellbergartene den største gruppen og utgjør nesten halvparten, mens eruptivene fra Oslofeltet kommer i annen rekke. Fordelingen av bergartene i gruppen Oslofelt-eruptiver er også noe annerledes enn i materialet fra Ås. Av de 35 % disse bergartene utgjør i tabell 4, faller i gjennomsnitt 14 enheter på granitt og nordmarkitt med nærstående syenitter, 4 på larvikitt og kjelsåsitt, 4 på diabas og Oslo-essexitter med basalter og 13 på andre porfyrer og felsitter. Det er altså en påfallende forskjell fra det materialet som er omtalt foran. I gruppen kambrosiluriske sedimenter er det mye av massive kalksteiner, og denne gruppen utgjør også noen flere % enn i de undersøkte israndavleiringene i Ås. Det var svært lite sparagmitt å finne i dette grustaket.

Når en jamfører resultatene fra steintellingene i Frogn med undersøkelser av isranddannelsene lenger østover, merker en seg at det her er svært mye av stedegent bergartsmateriale. Videre har de øvrige gruppene en noe annen fordeling av bergartene. Nordmarkitten utgjør i Ottersrud-grustaket en langt mindre del av Oslofelt-eruptivene, mens kiselfattigere eruptiver er mer alminnelige og massive kalksteiner utgjør en stor del av sedimentbergartene. Dette viser altså at det langvegs-transporterte materialet er tilført fra andre bergartsområder.

Hurum-landet.

(Rektangelkartet 14 B, Moss.)

På vestsida av Oslofjorden er det et belte av grunnfjellbergarter fra Tofte og nordover til Sandspollen. Bredden varierer mellom ca. 1 km og ca. 3 km. Videre har en grunnfjell på Håøya og flere andre nærliggende øyer, og i Røyken er det et større grunnfjellfelt ut mot Oslofjorden. Rett overfor Drøbak har en den skarpt markerte isrand-

dannelsen som vanlig går under navnet Storsand-morenen. Denne avsetningen skulle motsvare både Ås- og Ski-trinnets avsetninger lenger østover grunnfjellområdet (se f.eks. ØYEN 1911 s. 17, HOLTEDAHN 1931 s. 128).

Det foreligger ikke så detaljerte opplysninger for Storsand-avleiringen som for Ås-morenen. Utgravingene som foregår i Storsand-grustaket, skulle gi gode vilkår for klarlegging av oppbyggingen av denne isranddannelsen. Selv har jeg bare gjort et par kortvarige turer til grustaket for å foreta noen steintellinger. Uttakinga av grus foregikk da forholdsvis langt nord i Storsand-grustaket. Materialet var tydelig lagdelt, og lagene hadde sterk nordhelling. Øverst var lagene noenlunde parallelle med overflaten. De hadde altså her mye svakere fall.

Blant det materialet som var utsortert i grustaket, fantes det en del leirklumper. Disse klumpene inneholdt grus og stein, og finmaterialet hadde utpreget leirkarakter. De skilte seg altså skarpt ut fra resten av avleiringen. Materialet i klumpene måtte karakteriseres som moreneleire.

Lenger sør i grustaket var det ikke tatt ut materiale i det siste, så snittene var mer uskarpe. Men en kunne skimte lag med svakt fall sørover. Nordafor der utgravingen foregikk, syntes lagdelingen å være mindre markert, og innholdet av leirklumper og leirlinser større. Men veggene var delvis overgrodd, så det var umulig å få full oversikt over forholdene.

Etter min oppfatning tyder forekomstene av moreneleire inne i denne israndavleiringen på at breen ved framstøt har rotet opp sedimentær leire og eltet den sammen med grovere materiale.

Når en ser på det frasorterte materiale i grustaket, legger en straks merke til at det er påfallende mye av grunnfjellbergarter. Steintellingene viser at vel halvparten av materialet skriver seg fra grunnfjellet.

Tabell 5.

Sammenstilling av prosenttallene fra 4 steintellinger i Storsand grustak, Hurum. A ± m.

Grunnfjellbergarter (gneis, granitt, amfibolitt, pegmatitt) ...	54 ± 4,2
Oslofelt-eruptiver	32 ± 3,2
Leirskifer, hornfels, kalk- og sandstein (sannsynligvis fra Oslofeltet)	9 ± 1,5
Sparagmitt og kvartsitt	5 ± 0,8

Blant grunnfjellmaterialet er det mye av en granittlignende bergart med store, bleikraue feltspatøyne. Denne bergarten finnes i fast fjell i nærheten. GLEDITSCH (1945) har regnet den til øyegneisene.

I gruppen Oslofelt-eruptiver er det svært lite nordmarkitt. Granitter utgjør derimot en stor prosent. Diabaser og Oslo-essexitter med tilhørende basalter er sparsomt representert. Felsitter, porfyriske gangbergarter og egentlige porfyrer utgjør tilsammen om lag halvparten av denne gruppen. Dypbergarter av larvikitt-kjelsåsitt-rekken er det svært lite av.

Blant de kambrosiluriske sedimentene er det en del kalkstein.

Til jamføring med resultatene fra disse steintellingene er det utført tilsvarende undersøkelser i de tynne morenelagene i nærheten. Tabellen nedafor viser den gjennomsnittlige sammensetningen av steinfraksjonen etter tellinger på 4 steder langs fjorden et par km sørover fra Storsand-grustaket.

Tabell 6.

Sammenstilling av prosenttallene fra 4 steintellinger langs vegen sør for Storsand, Hurum. A \pm m.

Grunnfjellbergarter (gneis, granitt, amfibolitt, pegmatitt) ...	56 \pm 1,9
Oslofelt-eruptiver	26 \pm 1,1
Leirskifer, hornfels, kalk- og sandstein (sannsynligvis fra Oslofeltet)	11 \pm 1,1
Sparagmitt og kvartsitt	7 \pm 1,1

Som en ser, er det ikke stor forskjell på sammensetningen av steinfraksjonen i israndavsetningen og i de tynnere morenedekkenene. Et par steintellinger ved Sandspollen, altså nordafor Storsand-grustaket, ga omtrent samme resultat. Grunnfjellbergartene utgjorde også her vel femti prosent av steinfraksjonen. Dybdene av lausavleiringene på de stedene der steintellingene er utført, er anslått til å variere mellom 1 m og 3 m. Terrengtet har sterk helling nedover mot stranda.

Disse undersøkelserne viser altså at det er ingen stor skilnad på sammensetningen av steinfraksjonen i den typiske isranddannelsen ved Storsand og de tynnere morenedekkenene i nærheten. Grunnfjellbergartene utgjør i begge tilfelle vel halvparten.

Isranddannelsen har altså nesten like «lokalt» preg som de tynnere moreneavleiringene. Det finnes meget lite nordmarkitt i steinfraksjonen.

Østmarka.

(Rektangelkartet 15 C, Fet.)

Det er utført en del steintellinger i lag av morenemateriale i traktene fra Lamberseter og østover til nordenden av Nøklevatn. Stedene for undersøkelsene ligger innafor grunnfjellområdet. Avstanden fra Oslofeltet kan ikke oppgis nøyaktig i hvert enkelt tilfelle fordi grensa mellom disse to bergartsområdene for det meste er overdekt i disse traktene. Men strekningen til sørgrensa for Oslofeltet kan anslagsvis oppgis til omkring 4—5 km.

Morenedekkene i disse områdene er tynne og sterkt oppdelte. Fjelloverflaten er sterkt kupert, og i de høyereliggende traktene finner en fjell i dagen over store arealer. I forsenkningene under den marine grensa er det som vanlig sedimentær jord. Like ved Lamberseter fant jeg tydelige skuringsstriper med retning praktisk talt rett sør-nord. Tykkelsen av avleiringene var ca. 1 m på de fleste stedene der steintellingene ble utført.

Tabell 7.

Sammenstilling av prosenttallene fra 10 steintellinger mellom Lamberseter og nordenden av Nøklevatn. $\bar{A} \pm m$.

Grunnfjellbergarter (gneis, granitt, amfibolitt, pegmatitt) ...	57 \pm 1,8
Oslofelt-eruptiver	32 \pm 1,3
Sandstein, skifer og hornfels (sannsynligvis fra Oslofeltet) ...	4 \pm 0,7
Sparagmitt og kvartsitt	7 \pm 0,9

Sammenstillingen viser at over halvparten av materialet i steinfraksjonen tilhører grunnfjellbergartene. Blant Oslofelt-eruptivene dominerer granittene sammen med nordmarkitt og nærstående syenitter. Det er et betydelig innslag av felsitter og porfyriske bergarter. Av porfyrene er det særlig syenittporfyr som er godt representert. På et par steder utgjorde gruppen felsitter og porfyriske bergarter $\frac{1}{3}$ av Oslofelt-eruptivene. Som en kunne vente, fant en også eksemplarer av breksier og andre sjeldne bergarter som opptrer i fast fjell i Alunsføfeltet. Det

ble funnet bare en stein av larvikitt. Blant kambrosilur-bergartene utgjorde som vanlig hornfelsene en stor del.

Det synes påfallende at grunnfjellbergartene utgjør en større del av steinfraksjonen her enn på stedene der steintellingene i Åkebakkeskogen i Ås ble utført. I Østmarka er jo avstanden til grensa for Oslofeltet mye mindre. Jeg skal her nevne noen feltiakttagelser som er av interesse i denne sammenhengen.

Disse steintellingene er blitt utført bare der det er et sammenhengende dekke av morenejord over en noe større flate. I mindre fjellkløfter, i groper i fjelloverflaten, inntil bergvegger o. l. er det ofte små, isolerte avleiringer av morenemateriale. På mange steder la jeg merke til at dette materialet var relativt rikere på steiner av grunnfjellbergarter enn de mer utbredte avleiringene. Som eksempel kan nevnes at jeg har notert innblandinger av Oslofelt-bergarter på mindre enn 10 % i moreneavleiringer i fjellkløfter like øst for Nøklevatn.

Jeløya.

(Rektangelkartet 14 B, Moss)

Det ble valt å utføre en del undersøkelser på Jeløya fordi en her har et særegent, geologisk kartlagt, bergartsområde i Oslofjorden. Dette området må altså ha ligget i passasjen for ismassene som i sin tid var i bevegelse ut gjennom forsenkningen for Oslofjorden.

Det geologiske kartet viser at det er rombeporfyr over et mindre areal lengst sør på Jeløya, mens basalter dekker storparten av øya. I nordvest er det et område med sandstein og konglomerat. På fastlandet øst for Mossesundet er det grunnfjell, og nordover fra Filtvet på vestsida av Oslofjorden er det også et belte med grunnfjell. I selve fjorden er derimot ikke grensene mellom de forskjellige bergartsområdene så nøye kjent.

Raet strekker seg fra Moss, over den sørlige delen av Jeløya og over til Horten.

For å vise med noen tall sammensetningen av steinfraksjonen i en avleiring som tilhører raet, er gjennomsnittene for 4 steintellinger i Refsnes-grustaket regnet ut.

Det er også utført steintellinger på et sted i Ramberg-grustaket. Innholdet av grunnfjellbergarter viste seg å være litt større, men stort sett var overensstemmelsen med tallene ovafor meget god. På begge stedene lå grustakene i lagdelte isranddannelser.

Tabell 8.

Sammenstilling av prosenttallene fra 4 steintellinger i Refsnes-grustaket. A ± m.

Grunnfjellbergarter (gneis, granitt, amfibolitt, pegmatitt) ...	21 ± 2,3
Basalt, rombeporfyr og rombeporfyrkonglomerat	33 ± 0,7
Andre Oslofelt-eruptiver	32 ± 0,8
Sandstein, skifer, kalkstein og hornfels (sannsynligvis fra Oslofeltet)	5 ± 1,3
Sparagmitt og kvartsitt	9 ± 1,0

Tabellen viser at grunnfjellbergartene utgjør ca. $\frac{1}{5}$ og Oslofelt-eruptivene tilsammen ca. $\frac{2}{3}$ av steinene. På Jeløya finnes både augitt- og plagioklasbasalt (essexittmelafyr og essexittporfyr), og svært ofte ser en overgangsformer mellom disse hovedtypene. Ved den første turen jeg gjorde over øya for å få oversikt over bergartene i fast fjell, falt det meg også vanskelig å trekke skarp grense mellom rombeporfyr og plagioklasbasalt. Derfor fant jeg det riktigst å slå sammen basalter og rombeporfyr ved behandling av tallmaterialet. De få eksemplarene som ble funnet av rombeporfyrkonglomerat, ble også regnet til denne gruppen. Steinene som ble undersøkt, var ofte mindre enn boller i konglomeratet. Derfor kunne en få et for lite antall steiner klassifisert som rombeporfyrkonglomerat om en prøvde å skille ut denne bergarten.

Blant «andre Oslofelt-eruptiver» dominerte granittene sammen med nordmarkitt og nærstående syenitter. De lyse felsittiske bergartene utgjorde bare fra $\frac{1}{10}$ til $\frac{1}{5}$ av steinene som ble ført opp under andre Oslofelt-eruptiver. Det var svært lite av larvikitt-kjelsåsitt-rekkens dypbergarter. I de fleste tilfellene var det litt større antall steiner av sparagmitt enn av kvartsitt.

Det var en påfallende forskjell i formen på steiner i forskjellige bergartsgrupper. Nordmarkitt- og granittsteinene var godt tilrundete og bar tydelig preg av lang transport. Steiner av basalt og rombeporfyr var derimot som regel skarpkantete.

Lenger nord på Jeløya er det lite av lausavleiringer med noe større tykkelse. I forsenkningene mot sjøen er det en del sedimentær jord som på noen steder er dekt av torv. Mye av denne jorda er dyrket. Men inn mot bergskrånninger og ellers her og der i de høyereliggende skogtraktene finner en mer lokalt noe lausmateriale av en annen karakter. Så vidt en kan forstå, må en her ha å gjøre med morenemateriale.

Da området ligger under den marine grensa, er materialet mer eller mindre sortert og delvis flyttet av vatnet. Sekundært kan altså avleiringene ha vært utsatt for store forandringer, men forholdet mellom de forskjellige bergartene i grovmaterialet skulle neppe være større forskjøvet.

I skråningen på østsida av vegen ved gården Ås er det utført steintellinger på 3 steder. Lausmaterialet ligger opp mot en skrånende bergvegg som har retning nord-sør. På de stedene steintellingene er utført, ble tykkelsen av lausavleiringen anslått til 6—8 m. Men til forskjell fra materialet i de to grustakene, har ikke denne avleiringen karakter av isranddannelse. Så vidt en kan bedømme forholdet nå, må dette være morenemateriale som er blitt en del sortert og flyttet av vatnet da havet nådde over området.

Tabell 9.

Gjennomsnitt av prosenttallene fra 3 steintellinger ved Ås, Jeløya.

Grunnfjellbergarter (gneis, granitt, amfibolitt, pegmatitt)	10
Basalt, rombeporfyrr og rombeporfyrrkonglomerat	62
Andre Oslofelt-eruptiver	10
Sandstein, skifer, kalkstein og hornfels (sannsynligvis fra Oslofeltet) ..	9
Sparagmitt og kvartsitt	9

Det var her svært lite av rombeporfyrrbergarter. Basaltene dominerte altså fullstendig i den andre gruppen i tabellen. Disse steintellingene ble utført lenger nord enn de foregående, men ved jamføring med tabell 8, finner en at innholdet av områdets egne bergarter er mye større her enn i den undersøkte israndavleiringen.

Men på Jeløya finnes det også lignende avleiringer som i enda sterkere grad er preget av fjellgrunnen på stedet. I tynne jordlag i skogene nordover mot Renneflat har jeg utført noen steintellinger som viser henimot 100 % innhold av basalt.

Det har i flere høve vært umulig å avgjøre om det virkelig er morenejord en har for seg. Området ligger under den marine grensa, så en må regne med at moreneavleiringene kan være sterkt påvirket av vatnet. Når det har vært kort transport av materialet, blir dessuten også steinene i morenejorda svært skarpkantete og minner gjerne sterkt om steinene i forvittringsjord. Det finnes også på en del steder i disse traktene noe lausmateriale som sikkert må være forvittringsjord. For å skille slikt materiale er det lagt vekt på at fjell-

grunnen har skarpere markert overflate under morenejord enn under forvittringsjord. Fjelloverflaten under morenejorda bærer gjerne på enkelte steder merker etter isskuring selv om lausmaterialet er flyttet svært lite. Videre vil en som regel finne enkelte steiner med skuringsmerker også i slik morenejord.

Dersom forvittringsjorda var flyttet bort fra det stedet der den var blitt dannet, kunne det bli uråd å skille forvittrings- og morenemateriale. Men dette forutsetter jo et særegent forløp av de geologiske prosessene.

Foreløpig kan jeg ikke si med absolutt sikkerhet at dette materiale av nesten bare lavabergarter, er morenejord. Men etter de iakttagelsene som er gjort, kan jeg likevel slå fast at det er større innslag av bergarten i fjellgrunnen på stedet i tynne lag av morenemateriale over de nordlige delene av Jeløya enn i isranddannelsen lenger sør.

b. Sande.

(Rektangelkartet 14 B, Moss)

Det er utført noen steintellinger i nærheten av Skogslettås i Sande. Fjellgrunnen hører til den såkalte Sande-lakkolitten (BRØGGER 1933 s. 46). Steintellingene er utført fra om lag 0,3 km til 0,7 km sørøst for Skogseter. På det geologiske rektangelkartet er bergarten avsatt som kjelsåsitt. Et lite felt med larvikitt er tegnet inn like sør for Øyvånet. Det er ikke gjort forsøk på å skille disse to bergartene under steintellingene. Avstanden fra stedene steintellingene er utført til nordgrensa for kjelsåsittfeltet, er 1,5—2 km.

Det er svært lite morenemateriale i disse traktene. Fjelloverflaten er gjerne tilrundet og har på denne måten preg av isens påvirkning også på steder der forvitringen har gjort seg gjeldende slik at en ikke lenger kan finne skuringsstriper.

Tabell 10.

*Gjennomsnitt av prosenttallene fra 3 steintellinger sørøst for
Skogseter, Sande.*

Larvikitt-kjelsåsitt-rekkens dypbergarter	66
Andre Oslofelt-eruptiver	21
Sandstein og skifer (sannsynligvis fra Oslofeltet)	7
Grunnfjellbergarter (granitt og gneis)	3
Kvartsitt	3

Bergartene larvikitt og kjelsåsitt utgjør tilsammen ca. $\frac{2}{3}$ av heile materialet. Til denne gruppen er også regnet steiner som ved makroskopisk bedømmelse så ut til å være akeritt.

I gruppen «andre Oslofelt-eruptiver» utgjør granitt og nordmarkitt med nærstående syenitter vel $\frac{2}{3}$, og resten er rombeporfyr og andre, lyse porfyrbergarter.

Steintellingene er altså utført i de små moreneavleiringene som her og der dekker fjellgrunnen. Ved undersøkelserne i disse traktene hadde jeg høve til å se på et betydelig antall slike små moreneforekomster. Men innafor larvikitt-kjelsåsitt-feltet lykkes det ikke noen steder å finne moreneavleiringer som var blitt til bare av bergarten i fjellgrunnen under.

c. Siljan og Lardal.

(Rektangelkartene 9 C, Skien, og 14 A, Kongsberg)

Nord for de bebygde delene av Siljan-dalføret strekker det seg et belte av rombeporfyr (Rp. 8) i retningen øst-vest. I nord grenser rombeporfyrfeltet mot larvikitt. (Se oversiktskartet av Brøgger og Schetelig over Oslofeltet, utgitt av Norges Geologiske Undersøkelse 1923).

I traktene ved Vanebuvatnet går grensa mellom rombeporfyr og larvikitt noenlunde rett øst-vest. Stort sett ligger terrenget i samme høyde på begge sider av grenselinjen. Det er sparsomt med morenemateriale i disse traktene. Ca. 1 km sør for bergartsgrensa er det utført steintellinger.

Tabell 11.

Sammenstilling av prosenttallene fra 4 steintellinger sør for østenden av Vanebuvatnet, Siljan. $A \pm m$.

Rombeporfyr (Rp. 8)	63 \pm 7,9
Andre Oslofelt-eruptiver	29 \pm 5,8
Andre bergarter	8 \pm 2,8

I steinfraksjonen er nesten $\frac{2}{3}$ av materialet fra bergarten på stedet. Det er et felt av Rp. 8 vest for Hvittingfoss. Men det er meget lite sannsynlig at det er tilført bergartsbruddstykker fra disse traktene. Rombeporfyrsteinene i dette materialet var ellers som regel svært skarptkantete og bar preg av at de ikke var transportert nevneverdig. Storparten av steinene i gruppen «andre Oslofelt-eruptiver» er larvikitt. I grup-

pen «andre bergarter» er det mest kvartsittsteiner sammen med en del steiner av gneis og grunnfjellgranitt.

Middelfeilene på gjennomsnittene viser at det er stor spredning. Steintellingene er utført i relativt store avleiringer. I de heilt lokale moreneavleiringene kan en finne at steinfraksjonen er sammensatt omtrent bare av rombeporfyr. Slik morenejord råker en helst på der fjelloverflaten er sterkt småkupert.

Jeg har også foretatt en del undersøkelser innafor larvikitt- og nordmarkitt-eikeritt-områdene vest for Lågendalen. Av viktigere resultater kan nevnes kort at jeg mange steder har funnet praktisk talt rein nordmarkitt- eller eikerittmorenejord. F. eks. i traktene langs vegen mellom Siljan og Styrvoll har jeg flere steder notert at minst 98 % av steinene i morenejorda er av samme bergart som fjellgrunnen under. I eikerittområdet mellom Myklevatn og Slett fjell har jeg på et stort antall steder funnet morenejord som er blitt til praktisk talt bare av denne bergarten. (Se fig. 19, s. 118, og listen på s. 104 o. ff.).

Denne morenejorda av eikeritt og nordmarkitt dannet mange steder sammenhengende dekker over ganske betydelige arealer. Det så mange steder ut til at disse avleiringene hadde stor tykkelse. Langs vegen vestover fra Løvås var det i morenejord av eikeritt ca. 2 m dype skjæringer som ikke nådde ned til fast fjell.

I de tilstøtende larvikittområdene syntes moreneavleiringene gjerne å være tynnere. Det så ut til at under ellers like vilkår, var det betydelig mindre innslag av bergarten på stedet i larvikittområdene enn i nordmarkitt- og eikerittområdene.

d. Nordmarka.

Traktene mellom Sørkedal og Nittedal.

(Rektangelkartene 19 B, Hønefoss, 14 D, Oslo, og 20 A, Nannestad)

Nordmarka byr på flere måter på store fordeler for undersøkelse av avhengighetsforholdet mellom fjellgrunnens og morenejordas bergartssammensetning. I det følgende blir det tatt med resultater av noen steintellinger og en del enkeltiakttagelser som er av interesse for klarlegging av slike spørsmål.

I traktene omkring Movatn strekker det seg en tunge av lavabergarter fra senkningen langs Nitelva og vestover i området med granitt og sye-

nitter. Langs nordkanten av denne forekomsten av lavabergarter er det et belte med kambrosilur-bergarter. I tabell 12 er det gjengitt resultater fra noen steintellinger som er utført ved Nordre Movatn. To av steintellingene er utført like på vestsida av sørenden av vatnet, og stedet for den tredje ligger ved vegen på østsida omtrent 0,3 km lenger nord. Steintellingene er altså utført inne på basaltfeltet. Avstanden til nordgrensa for basaltområdet er ca. 1 km. Like nord for basaltfeltet er det her et belte av rombeporfyr med en bredde på fra ca. 0,6 km til ca. 1 km.

Det opptrer både augittbasalt og plagioklasbasalt. I flere høve har det også vært vanskelig å avgjøre om det er steiner av Oslo-essexittenes lava eller av rombeporfyr en har med å gjøre.

Spredningen bak gjennomsnittene er omtrent av samme størrelsesorden som i tabellene foran.

Tabell 12.

Gjennomsnitt av prosenttallene fra 3 steintellinger ved Movatn.

Basalt	44
Rombeporfyr	17
(Sum lavabergarter	61)
Granitt, nordmarkitt o.l. dyperuptiver fra Oslofeltet	28
Skifer, sandstein og hornfels (sannsynligvis fra Oslofeltet)	3
Grunnfjellbergarter	1
Sparagmitt og kvartsitt	7

Bergarten i fjellgrunnen under utgjør altså knapt halvparten av materialet. Innholdet av kambrosilur-bergarter synes å være påfallende lite. Bredden tvers over dette bergartsområdet er riktignok ikke stor. Men det ligger også et ørlite felt med slike sedimentbergarter mellom basaltfeltet og rombeporfyrfeltet. Lagene av morenejord er meget tynne i disse traktene, og steintellingene er utført i avleiringer som ikke er mer enn ca. 0,5 m tykke. Det er derfor mulig at steiner av lettforvitrelige kambrosilur-bergarter kan ha smuldret opp, og således ikke er kommet med ved steintellingene.

Over nordmarkitt- og eikerittfjellgrunnen i de sørligere traktene av Nordmarka er det mange steder svært lite morenejord. Over betydelige arealer kan en finne at fjelloverflaten er ganske jevn og bærer tydelige merker etter isskuring. For det meste er fjellgrunnen dekt av et moseteippe eller et tynt, torvaktig humuslag, men til dels ligger den isskurte fjelloverflaten heilt bar.

Her og der finner en noe morenejord over den avslippede fjell-overflaten. Disse moreneavleiringene har i alminnelighet liten tykkelse. Sammensetningen av steinfraksjonen i slike avleiringer viser at som regel er mye av materialet transportert relativt lang veg.

Men det er også morenejord av en heilt annen type i nordmarkitt- og granitt-traktene. På en rekke steder finner en at bergarten i fjellgrunnen under moreneavleiringen, dominerer fullstendig i steinfraksjonen. Som eksempel skal jeg først nevne resultater av noen steintellinger ved Bonna. Det er her nordmarkitt i fjellgrunnen. Ca. 1 km lenger nord er det et belte av larvikitt-kjelsåsitt.

Tabell 13.

Gjennomsnitt av prosenttallene fra 3 steintellinger ved Bonna.

Nordmarkitt	83
Andre Oslofelt-eruptiver	14
Sandstein og hornfels (sannsynligvis fra Oslofeltet)	2
Kvartsitt	1

Det er altså mer enn $\frac{4}{5}$ nordmarkitt i steinfraksjonen. I gruppen andre Oslofelt-eruptiver er storparten syenittiske gangbergarter som ofte finnes innafor nordmarkittfeltene. Tilsammen utgjør disse gruppene 97 %.

Det finnes ellers mange steder moreneavleiringer der bergarten i fjellgrunnen på stedet utgjør enda større del av steinfraksjonen. Vest for Kikutstua er det morenejord med et heilt dominerende innslag av nordmarkitt. På flere steder ble det notert at nordmarkittsteinene utgjorde mer enn 95 % eller mer enn 98 % av steinfraksjonen.

På østsida av Bjørnsjøen, i traktene omkring Skjærsjøen og ellers på mange andre steder har jeg funnet morenejord med praktisk talt bare nordmarkitt i steinfraksjonen. I de tilfellene det har vært høve til å komme ned på fast fjell under et slikt morenelag, har det alltid synt seg at fjelloverflaten er svært ujevn. En kan ofte se innsøkk og groper etter at det er revet laus steinstykker. De tilrundete og avslippede formene på fjelloverflaten finner en ikke under denne typen av moreneavleiringer.

I listen på s. 104 o. ff. er ført opp jordprøver som er tatt ut i disse traktene.



Fig. 2. Morenejord vesentlig av nordmarkitt-eikeritt. Jordsmonnet har podsolprofil, men med aktiv råhumus. Etter snauhogsten er det blitt en rik bunnvegetasjon som delvis dekker over det store stein- og blokkinnholdet i overflaten. Ved Nyseter, vest for Stryken stasjon.

Over larvikitt-kjelsåsitt-feltet i traktene langs Langlielva er det for det meste svært lite morenejord. Riktignok finner en sjeldnere

her enn i nordmarkitt-eikeritt-områdene at fjelloverflaten ligger bar. Men dette henger sammen med at plantene i alminnelighet har lettere for å greie seg på en overflate av larvikitt-kjelsåsitt enn av de kiselrikere bergartene. Mange steder i skråningene i Langlidalen finner en frodig granskog med moldaktig humusdekke over fjellgrunn som delvis er dekt av et tynt lag av forvittringsjord.

I mange av de små moreneavleiringene innafor dette området, finner en at en betydelig del av materialet er transportert forholdsvis store avstander. Men det har omsider lyktes også her å finne morenejord som er blitt til omtrent bare av bergarten i fjellgrunnen på stedet. F. eks. i dalen sørover fra Langlia er det noen små moreneavleiringer av slikt materiale. Men stort sett synes avleiringene av denne typen å være langt sjeldnere her enn i nordmarkitt-eikeritt-feltene.

De nordlige traktene av Nordmarka.

(Rektangelkartet 19 B, Hønefoss.)

Mellom vatnene Sandungen og Katnosa ligger det et område med bergarter av larvikitt-kjelsåsitt-rekken. Feltet er for det meste omgitt av et belte av akeritt (SÆTHER 1945). Men i nord er det til dels klar grense mot nordmarkitt- eller ægirinsyenittområdet. Vest for Jæringen er det etter kartet til Brøgger og Schetelig et lite felt med nefelinsyenitt, men ellers er det ikke larvikitt-kjelsåsitt eller bergarter som lett kan forveksles med disse i traktene nord for feltet mellom Sandungen og Katnosa.

Skuringsstripene synes å ha retning noenlunde rett sør-nord, gjerne med litt avvikelse mot øst.

Til de vestlige delene av dette området med larvikitt-kjelsåsitt skulle det ikke være tilført nevneverdig materiale fra bergartsområdet ved Jæringen. Grensa mot nordmarkitten går her noenlunde rett øst-vest. Terrenget stiger noe sørover fra nordmarkittfeltet til feltet med larvikitt-kjelsåsitt, men høydeforskjellen er ikke stor. Da bergartene i disse to områdene petrografisk sett ikke er svært forskjellige, kunne en også tenke seg at de heller ikke har særlig ulike fysiske egenskaper.

I det heile synes altså disse traktene å egne seg godt for undersøkelse av transporten av materialet i moreneavleiringene. Derfor har jeg utført steintellinger på flere steder mellom Katnosa og Tverrtjernene. For å lette jamføring er alle steintellingene utført 1—2 km sør for grensa mellom området for nordmarkitt og for larvikitt-kjelsåsitt.

Tabell 14.

Sammenstilling av prosenttallene fra 10 steintellinger vest for sørenden av Katnosa. A \pm m.

Larvikitt-kjelsåsitt	48 \pm 2,2
Andre Oslofelt-eruptiver	34 \pm 1,3
Skifer, sandstein og hornfels (sannsynligvis fra Oslofeltet) ...	4 \pm 0,9
Grunnfjellbergarter (gneis, granitt, amfibolitt)	7 \pm 1,0
Sparagmitt og kvartsitt	7 \pm 1,7

Om lag halvparten av steinene er av larvikitt-kjelsåsitt-rekkens dypbergarter. Sammen med disse ble også regnet noen eksemplarer av en bergart som etter makroskopisk undersøkelse ble bestemt til akeritt. I gruppen «andre Oslofelt-eruptiver» dominerer nordmarkitt og nærstående bergarter. En del gangbergarter inngår også i denne gruppen. Blant Oslofelt-sedimentene er det mest hornfels.

Undersøkelsen viser altså at morenejorda her har et stort innhold av materiale fra fjellgrunnen på stedet. Om lag 1—2 km sør for bergartsgrensa er omtrent halvparten av materialet i steinfraksjonen av bergarten i fjellgrunnen under. Men det er meget lite morenejord i disse traktene. Derfor er alle steintellingene utført bare i ganske små avleiringer. Reint lokalt som i fjellkløfter og inntil små bergvegger kunne innslaget av bergarten på stedet være noe større. Men det lykkes ikke noe sted i området for disse steintellingene å finne moreneavleiringer som var blitt til omtrent utelukkende av larvikitt-kjelsåsitt.

På avstand kunne det se ut som om det var jevne, sammenhengende dekker av morenejord over store arealer i området. Men dette forholdet henger sammen med at skogen kan vokse godt over fjellgrunn av larvikitt-kjelsåsitt selv om det ikke er nevneverdig dekke av mineraljord. Særlig finner en veksterlig skog i skråninger og småkupert terreng. Noen steder er det også betydelige lag av forvittringsjord. F. eks. omtrent en halv kilometer nordvest for Fagerli seter er det et usedvanlig pent granbestand på forvittringsjord av larvikitt-kjelsåsitt. Jordbunnsforholdene minner mye om de en har noen steder i Kjøse i Vestfold (LÅG 1945 b), der det finnes skog av bonitet I på forvittringsjord av larvikitt.

Stort sett auker innslaget av steiner av kambrosiluriske sedimenter i morenejorda når en kommer over i de nordligste traktene av Nordmarka. Foruten at prosentinnholdet av disse bergartene tiltar i stein-

fraksjonen, merker en også endringer i den mekaniske sammensetningen. Mens en lenger sør alminnelig rårte på morenegrus med under 5 % leire ($< 0,002$ mm) i materialet mindre enn 2 mm, finner en ofte et betydelig større leirinnhold i morenejorda i de nordligste delene av Nordmarka.

Som eksempel på sammensetningen av steinfraksjonen kan gjen-
gis resultatene av steintellinger like sør for Pershusvatnet.

Tabell 15.

*Sammensetting av prosenttallene fra 4 steintellinger ved vegen ca. 1 km
N.N.V. for Finnstad, Jevnaker. $A \pm m$.*

Oslofelt-eruptiver	51 \pm 3,3
Skifer, sandstein og hornfels (sannsynligvis fra Oslofeltet) ...	29 \pm 1,6
Grunnfjellbergarter	13 \pm 3,0
Sparagmitt og kvartsitt	7 \pm 0,6

I gruppen Oslofelt-eruptiver utgjorde nordmarkitt med nærstående syenitter storparten. Om lag en tiendepart av denne gruppen var gangbergarter, vesentlig av syenittisk sammensetning.

I traktene vest for Stryken er det utført noen steintellinger, og resultatene blir gjengitt i tabellen nedafor. Det er eikeritt, nordmarkitt og nærstående bergarter i fjellgrunnen i dette området. Ca. 6—7 km nord for stedene der disse undersøkelsene er utført, opptrer andre Oslofelt-eruptiver. Avstanden nord til Hadelands kambrosilurfelt er ca. 10 km.

Tabell 16.

*Gjennomsnitt av prosenttallene fra 3 steintellinger mellom Nyseter og
sørenden av Skillingen.*

Oslofelt-eruptiver	90
Skifer, sandstein og hornfels (sannsynligvis fra Oslofeltet)	3
Grunnfjellbergarter (gneis og granitt)	3
Sparagmitt og kvartsitt	4

Spredningen av prosenttallene er av samme størrelsesorden som for foregående serie av steintellinger.

I gruppen Oslofelt-eruptiver er det praktisk talt bare granitt og nordmarkitt med nærstående syenitter. Det er funnet noen få steiner av



Fig. 3. Morenejord bare av nordmarkitt-eikeritt. En legger merke til at alle steiner og blokker er skarpkantete. Lengden av målebåndet som ligger oppe i skjæringen, er 2 m. Monsrudvika grustak, ca. 2 km nord for Stryken stasjon.

kiselrike porfyrbergarter. Ved steintellinger så langt vest som ved Nyseter, ble det også funnet enkelte steiner av larvikitt-kjelsåsitt.

For et stort antall steder i området omkring Harestuvatnet har jeg

ellers notert at morenejorda er blitt til nesten utelukkende av bergarten i fjellgrunnen under. I mange høve har det bare vært ganske små avleiringer av morenejord. Men til dels gjelder det også store morenemasser.

På østsida av Harestuvatnet er det et grustak ved Monsrudvika, et par kilometer nord for Stryken stasjon. Sommeren 1947 besøkte jeg dette grustaket to ganger. Veggene i grustaket var da opptil 5—6 m høye. Massen som ble tatt ut, var morenejord av bergarten på stedet. Bare øverst i en av veggene var det et tynt lag av glacifluvialt materiale. På andre steder i disse traktene er det også en del glacifluviale avleiringer. Men til dels finner en omtrent samme mengdeforholdet mellom bergartene i disse avleiringene som i morenejorda på stedet. I dette området har jeg således mange steder sett glacifluvialt materiale med så å si bare nordmarkitt-eikeritt i steinfraksjonen.

Morenejorda som ble tatt ut i Monsrudvika grustak, var usedvanlig fast sammenpakket. I stor utstrekning ble det brukt sprengstoff for å løsne på massen. Som vanlig i moreneavleiringer av denne typen, var det et meget stort innhold av steiner og blokker. Over store partier av skjæringene var det ikke mulig å se innblanding av et eneste bruddstykke av fremmed bergartsmateriale. Nesten alle steinene og blokkene var skarpkantete. Det var et reint unntak når det hendte at en fant en enkelt stein med skuringsmerker.

På mange steder både nordafor Harestuvatnet og i traktene over mot Sandungen har jeg funnet rein nordmarkitt- og eikerittmorenejord. For å spare plass skal jeg la være å gjengi flere detaljbeskrivelser av slike forekomster. Liste over prøver som er tatt ut, finnes på s. 104 o. ff. Her skal jeg bare nevne et par spesielle eksempler på avleiringer som viser hvor nært avhengighetsforhold det kan være mellom morenejorda og bergarten på stedet.

Om lag en halv kilometer sør for Kalven skjærer vegen mot Sandungen gjennom en liten fjellrygg. I nordkanten av skjæringen er det et morenelag som er ca. 1 m tykt. Bergarten på stedet er grovkornet, halvporfyrisk nordmarkitt eller ægirinsyenitt, og fjellet er på dette stedet gjennomsatt av en finkornet, nærmest felsittisk gangbergart med rødlig feltspatnåler. Bredden på gangen er ca. 1 m. Moreneavleiringen er svært rik på steiner og blokker. I de dypere lag finner en at steinene fra gangen ligger praktisk talt på plass. En kan altså følge gangbergarten som et smalt belte opp gjennom morenejorda. På begge sidene er det steiner bare av den ordinære bergarten.



Fig. 4. Morenejord vesentlig av nordmarkitt. Ca. 1 km sør for Kalven, Nordmarka.

Nord for Langlia er det lavabergarter i noen smale belter med retningen øst-vest. Det er karakteristiske skilnader mellom forskjellige porfyrstriper. En finner her i flere høve igjen nøyaktig den samme

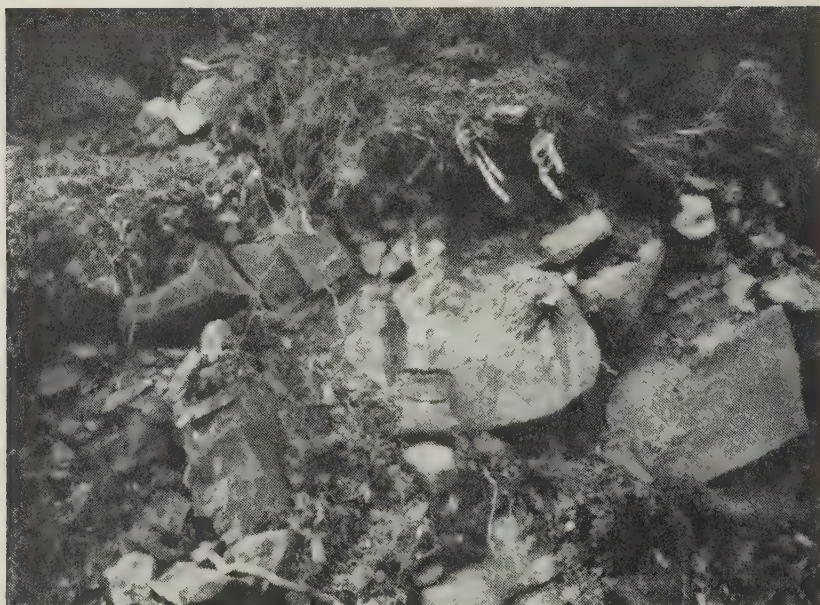


Fig. 5. Morenejord av nordmarkitt med en gang av en felsittisk bergart. En skimter grensa mellom de to bergartene rett over Futteralen til fotografiapparatet. Nærmere forklaring i teksten. Ca. 0,5 km sør for Kalven, Nordmarka.

porfyrtypen som en har i fjellgrunnen, i praktisk talt alt det grove materialet i morenejorda.

I Nordmarka er det også noen forekomster av moreneleire. Slike avleiringer har liten utbredelse innafor det egentlige Nordmarks-området, og fra økonomisk synsvinkel spiller de ikke direkte noen stor rolle. Men for å komme til klarhet over hvordan forskjellig slags morenemateriale er blitt til, er det viktig å ha kjennskap også til slike særegne moreneavleiringer.

Begrepet moreneleire blir i det følgende brukt om morenejord med leirkarakter hos den delen av materialet som er under 2 mm.

I nordkanten av eruptivområdet finnes det moreneleire. F. eks. i Svenådalen i Jevnaker er det betydelige masser av slikt materiale. Disse avleiringene ligger altså like sør for området med kambrosiluriske sedimentbergarter. Det kan derfor være rimelig å tenke på at det er nær sammenheng mellom moreneleira her og de finkornete bergartene like nordafor.

Vest for Laskerud, på sørsida av Ørfiskevatn, har jeg funnet karbonatholdig moreneleire. Denne avleiringen ligger innafor et lite område med lagdelte bergarter.

Men i Nordmarka finnes det også isolerte forekomster av moreneleire i stor avstand fra felter med kambrosiluriske sedimentbergarter. Da jeg holdt på med undersøkelser i de midtre deler av Nordmarka, ble jeg merksam på at det hadde gått et lite ras ved vegen like nord for Styggedalsbekkens utløp i vatnet Lille Sandungen. Avstanden langs vegen østover til bruket Sandungen var ca. 1 km. Veggen i nedkanten av rasgropen hadde en karakteristisk, nærmest blåsvart farge. Ved nærmere undersøkelser viste det seg at materialet var moreneleire. Til dels var innholdet av grus og stein svært lite. Det ble funnet enkelte steiner av sparagmitt, kvartsitt og kambrosiluriske sedimenter. I det heile ble det undersøkt bare et lite antall steiner. Men sammensetningen av steinfraksjonen så ikke ut til å skille seg særlig sterkt fra den en kan finne i tynne lag av morenejord over utpreget isskurt fjellgrunn andre steder i Nordmarka. Høyden på veggen i rasgropen var ca. 5 m. Prøvene M 62 og M 77 er tatt fra de nedre deler av rasveggen. Innholdet av karbonat beregnet som CaCO_3 , var i begge prøvene mindre enn 0,1 %. Den mekaniske sammensetningen av M 62 er gjengitt i tabell 17. (Metodene som er brukt under analyseringen, er omtalt nærmere på s. 106 o. ff.)

Det var antydning til lagdeling parallelt med rasveggen. Slike sjiktstrukturer har jeg lagt merke til også på mange andre steder der det har gått ras i moreneleire. Forholdet kan forklares ved at det har foregått oppsprekking og små glidninger langs flater parallelt med hovedglideflaten.

Korteste avstanden fra Lille Sandungen nord til kambrosilurfeltet er 14—15 km. Forekomsten av moreneleire ligger ved en liten vik, og i nord er det sterk skråning oppover mot høydedraget på vestsida av Katnosfjellet.

En annen meget interessant forekomst av moreneleire ligger ved bruket Elgstøa, mellom vatnene Jæringen og Store Fidlingen. På Elgstøa strekker det seg en skarpt markert rygg av moreneleire gjennom innmarka nordover fra bebyggelsen. Denne jordryggen slutter i nord mot en avrundet kolle av fast fjell. Etter beliggenheten i terrenget ser den altså ut som en stor drumlindannelse.



Fig. 6. Utsikt mot Elgstøa i Nordmarka. Oppover fra husene er det en rygg med leirjord. På høyden like til venstre for innmarka er det fjell i dagen.

Det fantes ikke noe naturlig snitt i denne ryggen. Men bedømt etter overflateforholdene må lausavleiringen ha stor tykkelse. Den tørre sommeren 1947 kunne en på stor avstand se på avlingen at jorda her måtte ha en heilt annen sammensetning enn på de fleste andre brukene i Nordmarka.

Tabell 17.

Mekanisk sammensetning av moreneleire ved Lille Sandungen og Elgstøa i Nordmarka.

Prøve nr.	% av materialet < 2 mm						
	2,0—0,6 mm	0,6—0,2 mm	0,2—0,06 mm	0,06— 0,02 mm	0,02— 0,006 mm	0,006— 0,002 mm	< 0,002 mm
M 62	5,2	42,4	2,4	2,0	5,1	8,5	34,4
M 75	12,7	35,3	10,0	7,4	8,2	5,8	20,6

Under matjordlaget var jorda usedvanlig hard. Prøvene M 75 og M 76 er tatt bare 75 cm under overflaten. Nedover til denne dybden var det enda atskillig av rustflekker i profilet. De to prøvene er tatt

på den skarpeste ryggen, henholdsvis ca. 100 m og ca. 50 m nord for hovedbygningene på Elgstøa. Stein- og grusinnholdet var lite. Men det fantes en del gruskorn og steiner av tilført bergartsmateriale, så det skulle ikke være tvil om at det virkelig var morenejord.

I prøvene M 62 er innholdet av leire ($< 0,002$ mm) stort, og dessuten er det et utpreget maksimum i fraksjonen 0,6—0,2 mm. Den samme tendensen viser tallene for M 75, men leirinnholdet er her betydelig mindre. Ut fra kjennskapet til variasjonen i den mekaniske sammensetningen hos andre avleiringer av moreneleire kan jeg nevne at tallet for den fineste fraksjonen i M 75 sannsynligvis hadde blitt større hvis prøven var tatt fra større dybde.

Innholdet av kalsiumkarbonat var under 0,1 % både i M 75 og M 76.

Det er grunn til å merke seg beliggenheten for disse to forekomstene av moreneleire. Ved Lille Sandungen ligger moreneleira lavt i terrenget, og den er dekt av grovere materiale. Ved Elgstøa derimot rekker leira fram i dagen. Avleiringen danner her en skarp rygg i terrenget, og den strekker seg sørover fra en markert fjellkolle.

Når en etter hvert får mer detaljerte undersøkelser, vil det sannsynligvis vise seg at det også finnes moreneleire på flere andre steder i Nordmarka.

e. Bærum, Asker og Lier.

(Rektangelkartet 14 D, Oslo.)

I Asker og Bærum er det tidligere utført en del steintellinger (se s. 14 o. ff.). Det skal her i korthet bli gjengitt noen få enkeltresultater fra mine undersøkelser til jamføring med det som er offentliggjort tidligere.

Tabell 18.

*Gjennomsnitt av prosenttallene fra 3 steintellinger vest for
Sten kafé, Bærum.*

Lavabergarter fra Oslofeltet	94
Andre eruptiver fra Oslofeltet	5
Grunnfjellbergarter	1

De steintellingene som er stilt sammen i tabell 18, er utført i tynne lag av morenejord ca. 0,2—0,4 km vest for Sten kafé. Lava-

bergartene som forekommer i fast fjell på stedet, dominerer altså fullstendig i steinfraksjonen.

Alle de steintellingene som er offentliggjort tidligere fra Bærum og Asker, viser et stort innslag av materiale fra andre bergartsområder. Det er derfor viktig å bli klar over at resultatene av de eldre undersøkelserne ikke er almenngyldige. Både ved steintellinger og en rekke enkeltiakttagelser har jeg funnet at bergarten i fjellgrunnen på stedet kan være nesten enerådende i morenejordas steinfraksjon. Særlig finner en slike forhold i skogtraktene. Som eksempel kan nevnes området med Rp. 1 omkring Gupu i Asker.

Tabell 19.

*Gjennomsnitt av prosenttallene fra 3 steintellinger vest for
Damstua kafé, Lierskogen.*

Granitt, nordmarkitt og nærstående syenitter	47
Andre Oslofelt-eruptiver	14
Sandstein, leirskifer, kalkstein og hornfels (sannsynligvis fra Oslofeltet)	27
Sparagmitt og kvartsitt	2
Grunnfjellbergarter	10

Steintellingene i Lierskogen er utført ca. 0,1—0,3 km vest for Damstua kafé — altså så langt vest at terrenget heller mot Lierdalen. Topografien er relativt sterkt oppbrutt, og det er i det heile lite morenemateriale i disse traktene.

Det er grunn til å merke seg det relativt store innslaget av grunnfjellbergarter. Dette kan settes i forbindelse med at stedet ligger nær passasjen langs Lierdalen og Holsfjorden.

f. Nannestad.

(Rektangelkartet 20 A, Nannestad.)

Det er utført en del undersøkelser i den delen av Oslofeltet som ligger innafor den nordvestlige delen av kartbladet Nannestad. Forholdene ligner her sterkt på de en har i Nordmarka. Jeg skal derfor bare nevne noen av de viktigste resultatene.

Over store arealer dominerer nordmarkitt-eikeritt i steinfraksjonen i morenejorda. Lausmaterialet har i slike trakter den vanlige, grovkornete sammensetningen. Morenedekket har karakteristisk overflate



Fig. 7. Morenejord vesentlig av eikeritt. En del av steinene og blokkene i overflaten er dekt av hogstavfall. Ved veggen ca. 2 km vest for Bårhaug, Nannestad.

med tett av steiner og blokker som stikker opp. Det ser ut til at morenejorda i mange høve er blitt til ved pulverisering av fjellgrunnen på stedet, uten større transport av lausmaterialet.

På enkelte steder finnes det morenejord med heilt avvikende mekanisk sammensetning. Ved veggen på nordsida av Leirelva er det et par fylltak ca. 3 km vest for Bårhaug. I de dypere lag av disse fylltakene er det stort leirinnhold i materialet. Prøve M 65 er fra bunnen av fylltaket på sørsida av veggen.

Tabell 20.

Mekanisk sammensetning av morenejord ved Leirelva.

Prøve nr.	% av materialet < 2 mm						
	2,0—0,6 mm	0,6—0,2 mm	0,2—0,06 mm	0,06— 0,02 mm	0,02— 0,006 mm	0,006— 0,002 mm	< 0,002 mm
M 65	15,9	30,0	12,7	7,9	9,2	6,8	17,5

Grusinnholdet var stort, men likevel noe mindre enn innholdet i fraksjonen 2,0—0,2 mm. Ved feltbedømmelse var jeg i tvil om materialet kunne karakteriseres som moreneleire. På samme måte som for prøvene av moreneleire fra Nordmarka finner en også for M 65 det største innholdet i de to fraksjonene 0,6—0,2 mm og $< 0,002$ mm.

I de traktene der det leirrike morenematerialet ble funnet, har Leirelva retningen øst-vest. Elva går i en forsenkning i fjellet med et betydelig høydedrag på nordsida.

Langs elva Kverndøla fant jeg på et par steder morenejord med relativt stort innhold av leirmateriale.

g. Hurdal.

(Rektangelkartene 20 C, Eidsvoll, og 19 D, Gran.)

De geologiske kartbladene over de nordligste delene av Oslofeltet (Gjøvik, Hamar og Eidsvoll), var offentliggjort før W. C. Brøgger satte sitt preg på utforskningen av området. Disse kartbladene skiller seg derfor sterkt ut fra de øvrige Oslofelt-kartene. På oversiktskartet over Oslofeltet (av Brøgger og Schetelig) er det brukt omtrent samme inndeling av bergartene som på de nyere geologiske rektangelkartene, men kartet er jo tegnet i en mindre målestokk. Det er derfor noe vanskeligere å arbeide i disse traktene enn ellers i Oslofeltet.

I skråningene på vestsida av Hurdalssjøen finner en lite av fjell i dagen. Jordoverflaten i liene er stort sett påfallende jevn, og morenematerialet dekker fjellgrunnen fullstendig over meget store, sammenhengende arealer. Ved å se på tallene fra steintellingene ved østsida av Øyangen (tabell 21) og fra det ordinære morenedekket ved elva Hegga (tabell 23) får en inntrykk av at det er nøye sammenheng mellom steinfraksjonen og fjellgrunnen på stedet.

Tabell 21.

Gjennomsnitt av prosenttallene fra 3 steintellinger ved østsida av Øyangen, Hurdal.

Oslofelt-eruptiver	76
Sandstein, leirskifer og hornfels (sannsynligvis fra Oslofeltet)	6
Grunnfjellbergarter (gneis, granitt, amfibolitt, pegmatitt)	6
Sparagmitt og kvartsitt	12

Stedene for disse tre steintellingene ligger langs den nye Jeppedalsvegen, like øst for innkjøringa til bruket Jeppedalslien. I gruppen

Oslofelt-eruptiver utgjorde granitt storparten. Dessuten var det atskillig av nordmarkitt eller nærstående syenitter. Videre var det en del steiner av lyse gangbergarter og noen eksemplarer av larvikitt-kjelsåsitt-rekkens dypbergarter. Blant Oslofelt-sedimentene var steiner av hornfels mest alminnelige. Noen få av steinene i gruppen sparagmitt og kvartsitt hørte til den såkalte Valdres-sparagmitt.

Det synt seg ellers å være store vekslinger i sammensetningen av steinfraksjonen, selv innafor små arealer. En kunne mange steder finne at bergarten i fjellgrunnen var nesten enerådende i morenejorda, men like i nærheten kunne en råke på isskurt fjell dekt av morenejord med stor innblanding av tilført bergartsmateriale.

Ved undersøkelser i disse traktene i begynnelsen av juli 1946 fant jeg i en skjæring i den nye Jeppedalsvegen et tynt lag av typisk, plastisk leire inntil en loddrett vegg på sørsida av en liten fjellknaus. Leirlaget var bare noen mm tykt. Fjellknausen hadde vært dekt av et tykt lag av vanlig grovkornet morenemateriale som for storparten var blitt til av Oslofelt-eruptiver.

Etter at jeg sommeren 1943 hadde sett på forekomstene av moreneleire i Totenvika (se s. 69 o. ff.) var jeg begynt å samle materiale med tanke på å få innblikk i hvordan disse særegne, leirrike moreneavleiringene var blitt til. Jeg ble derfor meget interessert i denne forekomsten av leire under vanlig morenejord. Da jeg fortalte skogkonsulent M. S. Clason og skogforvalter Nic. Wergeland om dette funnet av leire, kunne Wergeland meddele at han hadde sett det var rast ut leirjord flere steder langs elva Hegga.

Hegga kommer fra vatnet Øyangen og renner ut i Hurdalssjøen. De nedre to tredjedelene av elveleiet har stort sett retningen øst-vest. Langs den nederste halvdelen er det ikke noen alminnelig dalsenkning med lier på sidene. Men det ser ut til at Hegga går i en markert renneformet forsenkning i fjellgrunnen, også på steder der bare lausmateriale er synlig i elvesidene. Fjellgrunnen er for det meste godt overdekt, så det er umulig å danne seg noe fullstendig bilde av formen på fjelloverflaten. Men fra et stykke ovafor Hurdalssjøen og videre vestover har jeg på begge sider av elva funnet fjell i dagen i liten avstand og i betydelig høyde over elveløpet.

Fra litt nedafor utløpet av elva fra Heggetjernet til et stykke ovafor vestgrensa mellom Bjerke Almenning og skogen til Mathiesen — Eidsvold Værk finner en på en rekke steder moreneleire ned til vass-

speilet i Hegga. På noen steder kan en se at dette morenematerialet ligger like på fjelloverflaten. Over denne leira ligger for det meste grovkornete elveavleiringer. Det er svært vekslende tykkelse på laget av moreneleire. Noen steder er leirjorda synlig bare som en smal stripe like ned mot bunnen av elveleiet, og andre steder kan en se høye, mørkt blågrå vegger etter nye ras i moreneleira. Den høyeste rasveggen jeg så, var ca. 20 m. Men bildene veksler sikkert atskillig på kort tid. Elva graver ut og fører bort materiale, og ved nye ras kan leirlagene dels komme fram i friskt snitt og dels bli dekt av annet materiale som raser ned ovafra.

Hurdalssjøen ligger 175 m og Øyangen 428 m o. h. Det er dårlige karter over disse traktene så høydene i terrenget er vanskelige å anslå, men forekomstene av moreneleire synes iallfall å nå oppover til 300—350 m o. h.

På flere steder har jeg funnet klar kontakt mellom moreneleira og elvesedimenter over. Morenejorda har i disse tilfellene hatt noenlunde jevn og fast overflate. Grensa mellom de to jordartene har da ligget i liten høyde over vass-speilet i elva. Det har derimot ikke lyktes meg å finne noen skarp grense eller noe klart grensebelte mellom moreneleira og vanlig, grovkornet morenejord. Men i flere høve var det tydelig å se at innholdet av grovmateriale økte oppover mot overflaten av moreneleira. Inntil et elveleie har lausmaterialet selvfølgelig lett for å bli påvirket av vatnet, og en må vente å finne alle overgangsformer mellom den alminnelige morenejorda og elveavleiringene. Moreneleira er derimot lite gjennomtrengelig og vil derfor klare seg bedre mot påvirkning av elvevatnet. Men ut mot elva kommer det ofte fram vass-sig på overflaten av leira, og småras og setninger forstyrrer grensa mellom de to jordartene.

Jeg har altså ikke noen enkelt iakttagelse som direkte viser at moreneleira ligger under det ordinære morenedekket. Men det går tydelig fram av terrengforholdene at denne leira er den eldste av de to vesensforskjellige typene av moreneavleiringer.

For å kunne jamføre sammensetningen av steinfraksjonen i de to typene av morenejord er det utført en del steintellinger både i materiale fra den store rasveggen ca. 0,8 km vest for der vegen til Dal seter tar av, og i materiale fra det ordinære morenedekket sørøst for rasstedet.

Tabell 22.

Sammenstilling av prosenttallene fra 6 steintellinger i den store rasveggen på sørsida av elva Hegga, Nannestad. A \pm m.

Oslofelt-eruptiver	55 \pm 1,4
Sandstein, leirskifer, hornfels og kalkstein (sannsynligvis fra Oslofeltet)	19 \pm 1,9
Grunnfjellbergarter	9 \pm 1,5
Sparagmitt og kvartsitt	17 \pm 2,1

Tabell 23.

Sammenstilling av prosenttallene fra 4 steintellinger ved vegen langs sørsida av Hegga like vest for der vegen tar av til Dal seter, Nannestad.

A \pm m.

Oslofelt-eruptiver	81 \pm 2,2
Sandstein, leirskifer, hornfels (sannsynligvis fra Oslofeltet)	6 \pm 1,1
Grunnfjellbergarter	7 \pm 0,9
Sparagmitt og kvartsitt	6 \pm 1,1

I begge tilfellene dominerer granitt og nordmarkitt eller nordmarkittlignende bergarter fullstendig i gruppen Oslofelt-eruptiver. Det finnes ellers en del gangbergarter og noen eksemplarer av larvikitt-kjelsåsitt-rekkens dypbergarter.

Tabellene viser at det er betydelig skilnad i mengdeforholdet mellom de forskjellige bergartsgruppene. I moreneleira er gjennomsnittstallet for Oslofelt-eruptivene 55 % mens det er 81 % for det ordinære morenedekket. Innholdet av Oslofelt-sedimenter, grunnfjellbergarter, sparagmitt og kvartsitt er tilsvarende mindre i den alminnelige, grovkornete moreneavleiringen. Det er altså noe mer som er transportert lang veg av materialet i moreneleira enn i det alminnelige morenedekket.

Det lykkes ikke å finne noe sted der moreneleira hadde ligget avdekt slik at det hadde foregått normal jordsmonndannelse i dette materialet.

Den mekaniske sammensetningen og innholdet av kalsiumkarbonat er bestemt i en del prøver av moreneleire. Prøvene M 26, M 28 og M 29 er tatt ut i den store rasveggen på sørsida av elva ca. 0,8 km vest for det stedet der vegen tar av til Dal seter. Den første av prøvene er tatt lengst øst i rasveggen, M 28 er fra den vestre delen

og M 29 er tatt øverst i leirveggen. M 27 er fra nordsida av elva like østafør denne store rasveggen. M 30 er tatt ca. 0,5 km og M 31 ca. 0,7 km lenger øst. Prøvene merket M 78—M 80 er fra Skrukkelia.

Tabell 24.

Mekanisk sammensetning av prøver av moreneleire fra Hurdal-traktene.

Prøve nr.	% av materialet < 2 mm						
	2,0—0,6 mm	0,6—0,2 mm	0,2—0,06 mm	0,06— 0,02 mm	0,02— 0,006 mm	0,006— 0,002 mm	< 0,002 mm
M 26	14,7	17,5	15,7	10,5	10,0	6,7	24,9
M 27	15,4	15,2	14,9	14,0	10,2	7,3	23,0
M 28	14,9	17,5	15,7	12,3	9,3	7,6	22,7
M 29	9,8	20,5	19,0	16,2	10,7	7,2	16,6
M 30	13,2	20,0	17,9	11,3	12,3	2,6	22,7
M 31	13,7	14,9	12,9	5,7	11,5	8,4	32,9
M 79	10,9	23,0	15,7	13,8	11,0	7,1	18,5

Tabell 25.

*Innhold av karbonat, beregnet som CaCO_3 i % av tørr jord,
i prøver av moreneleire fra Hurdal-traktene.*

Prøve nr.	% CaCO_3	Prøve nr.	% CaCO_3	Prøve nr.	% CaCO_3
M 26	1,9	M 29	1,5	M 78	0,06
M 27	2,1	M 30	2,3	M 79	0,1
M 28	2,1	M 31	3,0	M 80	0,06

Analysesettene viser at innholdet av leire og kalsiumkarbonat er mindre i prøven fra øverste delen av den store rasveggen enn i prøvene som er tatt lenger nede.

I de nordligste deler av Hurdal har jeg funnet moreneleire i Skrukkelia og i senkningen sør og sørøst for Høvernsjøen. Forekomsten av moreneleire ved Høvernsjøen blir nevnt under omtalen av morenejorda i Toten-bygdene.

Langs Svartbekken som kommer fra Tommelsjøen, har det gått ras i moreneleire. På flere steder finnes det friske snitt gjennom slikt materiale. Høyden av leirveggene er opp til 6—8 m. Moreneleira rekker ned på fast fjell. I flere høve har jeg sett pene merker etter isskuring på overflaten av fjell som har vært dekt av slikt materiale. Der det var tydelig snitt like opp til overflaten, var som regel morene-

leira dekt av grovt, delvis sortert materiale. Men det så ut til at innholdet av grovmateriale i avleiringen av moreneleire ofte var noe større i de øverste enn i de underste partiene.

Det var også her alminnelig å finne antydning til lagdeling parallelt med rasflatene i moreneleira. Dessuten la jeg på noen steder merke til sprekkesystemer som gikk noenlunde parallelt med overflaten av avleiringen. Slike sprekker var utviklet bare et lite stykke ned gjennom leirmassene. Det var typisk morenemateriale, så det fantes ingen sortering som kunne være årsak til oppsprekkingen. Derimot ligger det nær å tenke på at mekanisk påvirkning kan være årsak til utvikling også av disse sprekkenes. Prøve M 79 og M 80 i tabellene 24 og 25 er tatt ut henholdsvis 1 km og 0,5 km ovafor utløpet av Svartbekken.

I Djupdalen, på sørsida av Skrukkelisjøen, har bekken skåret seg dypt ned i moreneleire. Det var merker etter ras flere steder i dal-sidene. Prøven merket M 78 er fra Djupdalen, ca. 0,3 km ovafor Skrukkelisjøen. Rasgropene var for det meste gjengrodd og terrenget lite oversiktlig. Derfor var det vanskelig å komme til klarhet over forholdet mellom forskjellige slags avleiringer. Men med unntak av de bratte skråningene inntil bekken, var det ikke mulig å finne noe sted der moreneleira nådde fram i overflaten.

h. Toten-bygdene.

Området med grensa mellom Oslofelt-eruptivene og grunnfjellet.

(Rektangelkartet 20 C, Eidsvoll.)

I traktene mellom Bergsjøen og Svartungen i Almenningslodd nr. 2 i Kolbu herred ligger forholdene svært godt til rette for undersøkelse av transporten av materialet i morenejorda. Oslofeltets eruptiver støter her sammen med grunnfjellet. Det er detaljerte topografiske karter over heile Toten-almenningen. Over Almenningslodd nr. 2 er det kart i målestokk 1:20 000 og ekvidistanse 10 m.

På oversiktskartet av Brøgger og Schetelig er Oslofelt-bergarten avsatt som nordmarkitt-pulaskitt. Vest for Essentjernbekken er det stort sett ganske svak østhelling uten noen grenselinje i topografien der de to bergartsområdene støter sammen. Et stykke sørover fra denne bergartsgrensa er det noenlunde flatt terreng. Nordover er det flatt eller svakt fall over en avstand på ca. 4—5 km, før skråningen mot Oslofeltets kambrosilur-område begynner. Grunnfjellbergartene er meget forskjellige fra Oslofelt-eruptivene, så de to bergartsgruppene er

lette å skille selv om en bare har små steinstykker. Noen gangbergarter som hører til Oslofeltet, setter gjennom grunnfjellet i disse traktene. Men det er selvfølgelig bare relativt små mengder materiale som er avgitt til moreneavleiringene fra disse gangene.

Både bergartssammensetningen og topografien skulle altså gi gode muligheter for utgreiing av sammenhengen mellom fordelingen av bergartene i fjellgrunnen og sammensetningen av morenejordas steinfraksjon. Området er derfor blitt undersøkt inngående.

Like øst for vegen som går sørover mot Torget, har fjellet for det meste noenlunde jevn overflate. Der fjelloverflaten har vært dekt av et tilstrekkelig tykt jordlag, finner en svært ofte tydelige merker etter isskuring. Det er utført en del steintellinger like sør for Torget og langs vegen sørøstover mot Monsseter. Avstanden fra bergartsgrensa til de stedene der steintellingene er utført, er ca. 1 km.

Tabell 26.

Sammenstilling av prosenttallene fra 7 steintellinger i nærheten av Torget i Almenningslodd nr. 2, Kolbu, ca. 1 km sør for grensa mellom grunnfjell og Oslofelt-eruptiver. A \pm m.

Oslofelt-eruptiver	13 \pm 2,7
Sandstein og skifer (sannsynligvis fra Oslofeltet)	4 \pm 0,8
Grunnfjellbergarter (gneis, granitt, amfibolitt m. m.)	54 \pm 3,4
Sparagmitt og kvartsitt	29 \pm 0,9

Disse undersøkelsene viser at bare om lag åttendeparten av materialet i steinfraksjonen hører til Oslofelt-eruptivene. Det er funnet noen få steiner av gangbergarter. Ellers er det bare nordmarkitt i denne gruppen. Grunnfjellbergartene utgjør aleine vel halvparten av steinfraksjonen. Videre merker en seg at innholdet av sparagmitt og kvartsitt er mye større enn innholdet av kambrosiluriske sedimentbergarter. Sparagmittfeltet ligger nordafor kambrosilur-området, men jamført med sparagmittformasjonens bergarter har kambrosilurisk sandstein og skifer stort sett langt vanskeligere for å stå seg mot å bli finknust. Det er derfor lett forståelig at morenejorda her gjerne er noe rikere på fint materiale enn mange andre steder over Oslofelt-eruptivene og grunnfjellet. Etter feltbedømmelse var gjerne sandfraksjonene godt representert. Leirinnholdet ($< 0,002$ mm) i materialet mindre enn 2 mm syntes ofte å ligge atskillig over 5 %. Da steintellingene er utført i tynne lag av morenejord, er det også mulig at tallet for kambrosilurisk materiale er blitt for lite på grunn av forvitring.

Men resultater bare av disse steintellingene gir absolutt ikke noe riktig bilde av sammensetningen av all morenejorda i dette området. Det finnes også moreneavleiringer av en heilt annen karakter.

Like vest for vegen mot Torget skråner terrenget reint lokalt forholdsvis sterkt østover et stykke både på nordsida og sørsida av grensa mellom de to bergartsområdene. Fjellet stikker her og der opp i dagen. Like sør for bergartsgrensa ser en store mengder av steiner og blokker i overflaten av morenejorda. Undersøkelser over sammensetningen av steinfraksjonen viste straks at det var heilt andre mengdeforhold mellom bergartene enn i morenejorda der de foregående steintellingene ble utført. Langs vegen var det noen små skjæringer og fylltak der en lett kunne studere sammensetningen av morenejorda. Som eksempel på resultater fra slike undersøkelser gjengis en sammenstilling av steintellingene i et par fylltak ca. 0,2 km sør for bergartsgrensa.

Tabell 27.

Sammenstilling av prosenttallene fra 4 steintellingene ca. 0,2 km sør for grensa mellom grunnfjell og Oslofelt-eruptiver ved vegen mot Torget i Almenningslodd nr. 2, Kolbu. A \pm m.

Oslofelt-eruptiver (nordmarkitt)	95 \pm 2,1
Grunnfjellbergarter	3 \pm 0,9
Sparagmitt og kvartsitt	2 \pm 1,4

Ved jamføring av tallene i de to siste tabellene viser det seg klart at en her har å gjøre med materiale av heilt forskjellig sammensetning. Det er ingen tvil om at det i begge tilfelle er moreneavleiringer. Stedene for steintellingene i tabell 26 ligger lenger sør — altså lenger inne på nordmarkittområdet — enn stedene for steintellingene som er gjengitt i tabell 27.

På trass av at de siste steintellingene er utført nær nordgrensa for nordmarkittområdet, har en funnet nesten rein nordmarkittmorenejord. Det har ellers ikke vært mulig å påvise noen innblanding av tilført bergartsmateriale på enkelte andre steder like i nærheten.

De høyeste veggene i de små fylltakene i denne stedegne morenejorda nådde opp i over 3 m. Innholdet av steiner og blokker var meget stort. Det grove materialet var utpreget skarpkantet. Der fjell-overflaten var blitt avdekt, kunne en se at den var svært ujevn. Det fantes ingen merker etter isskuring. Mange steder var det tydelige spor etter steiner og blokker som var løsnet fra fjellgrunnen. I enkelte høve

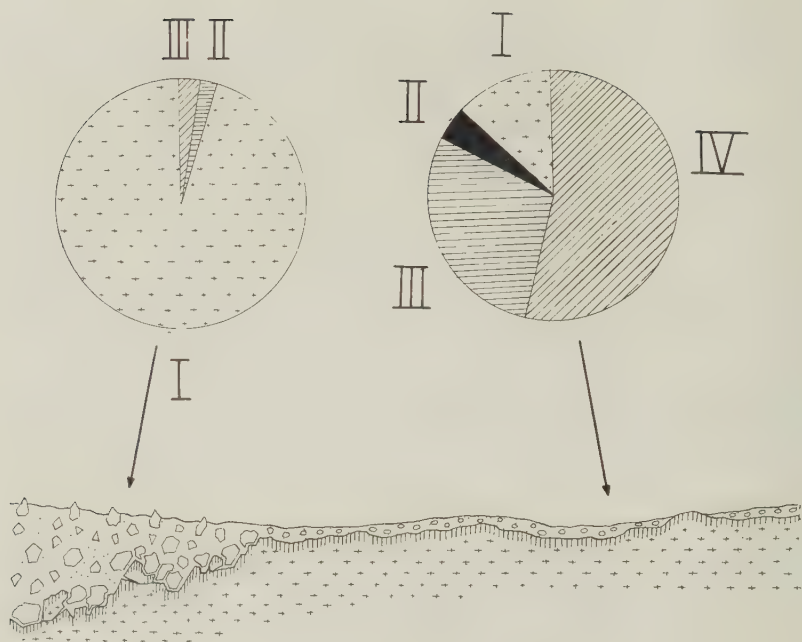


Fig. 8. Skjematisk framstilling av mengefórhóldet mellom forskjellige bergartsgrupper i ulike hovedtyper av bunnmoreneavleiringer. Ved Torget, Almenningslodd nr. 2, Kolbu. Feltet med kryssene (I) representerer Oslofelt-eruptivene, det skráskraverte grunnfjellet, det horisontalt skraverte sparagmitt og kvartsitt, og det svarte feltet representerer sandstein og skifer.

kunne en ogsá se at bruddstykkene som passet i disse formene i fjell-overflaten, lá praktisk talt pá det stedet de var blitt revet laus.

Undersókelser over bergartssammensetningen i avleiringer av morenesand og morenegrus pá flere andre steder i disse traktene har gitt lignende resultater. Til jamfóring med forekomstene av disse to vesensforskjellige typene av moreneavleiringer má det nevnes at en i nærheten ogsá finner en tredje, karakteristisk jordartsgruppe representert. Bare ca. 5 km óst for de lokalitetene som er omtalt, ráker en ved Hóvernsjøen veldige masser av moreneleire.

Hóvernsjøen ligger i en smal, dalformet forsenkning i fjellgrunnen. Pá begge sidene er det bratte lier. Etter rektangelkartet ligger sjóen 343 m o. h. I den vestre sida av denne senkningen er det mektige leirmasser fra et stykke sør for sørenden av sjóen til forbi Majerseter. Ved barometermålinger har jeg i traktene omkring Skjelbekken funnet at moreneleira når til om lag 500 m o. h.

Enkelte steder langs bekkene har det gått små ras i moreneleira. Ellers er den i stor utstrekning dekt av grovere materiale. Men mange steder ligger leira så nær overflaten at den har hatt avgjørende innflytelse på jordsmonnets egenskaper. Når en er blitt klar over at det finnes moreneleire i undergrunnen, er det også lett å forstå at forstfolkene møter spesielle vanskeligheter ved foryngelse av skogen i dette området.

Prøvene M 66 og M 67 i tabell 29 er tatt ut henholdsvis ved Skjelbekken og Majerseterbekken. Den første er tatt ca. 75 m ovafor utløpet av Skjelbekken i Daltjernbekken, og den siste ca. 0,3 km ovafor Høvernsjøen.

Kambrosilur-området.

(Rektangelkartene 25 B, Gjøvik, og 26 A, Hamar.)

I distrikter med mye blaute bergarter, som i dette kambrosilur-området, er resultater av steintellinger i alminnelighet lite egnet til kvantitativ karakterisering av opphavsmaterialet til morenejorda. Det er derfor ikke utført noe stort antall steintellinger i disse traktene. Men en rekke iakttagelser ellers gir holdepunkter for vurdering av bergartsmaterialet i morenejorda.

Særlig i traktene like på vestsida av Mjøsa finnes det mange steder mye sparagmittblokker i morenematerialet. Det er påpekt foran at steiner av sparagmitt og kvartsitt er motstandsdyktige så de har tålt å bli transportert lang veg med isen. Dette forholdet gir seg utslag i relativt store tall for innholdet av sparagmittformasjonens bergarter i lausmaterialet lenger sørover.

Med omsyn til morenejorda i kambrosilur-området var det særlig innholdet av skifer og kalkstein som interesserte. Ved undersøkelse viste det seg snart at det mange steder fantes morenejord som var blitt til så å si bare av den bergarten en har i fjellgrunnen under. Dels galdt dette mindre forekomster av morenejord, omgitt av materiale som var fraktet lengre veg. Men så vidt jeg kunne se, var det også meget betydelige områder der bergarten i fjellet under dominerte fullstendig i morenejorda. Særlig var det alminnelig å finne slike avleiringer på sørsida av Lenaelva.

Undersøkelsene har ellers bydd på særlige vanskeligheter. Mange steder er jordlagene så tykke at en ikke får kontrollert hvilken bergart en har i fjellgrunnen på stedet. De geologiske kartbladene i Gjøvik og Hamar er også svært ufullstendige. Men i noen høve har det lyktes

å påvise at det er samme bergarten i fjellet som i morenejorda over. En kan f. eks. i flere vegskjæringer i Kolbu se hvordan skiferfjellet er dekt av tykke lag av morenejord som er blitt til praktisk talt bare av den samme bergarten. De samme forholdene var synlige i veggene til en nyoppgravd brønn på Narum. I disse tilfellene har jeg ikke kunnet se merke etter isskuring på fjelloverflaten. Men det har vært markert grense mellom fjellgrunnen og lausavleiringen, innblanding av noen få steiner av andre bergarter og noenlunde ens mekanisk sammensetning ned gjennom heile massen, så det skulle ikke være tvil om at materialet virkelig er morenejord.

Under markarbeidet fant jeg det påfallende hvor grovkornet denne typen av morenejord kunne være. I alminnelighet var det enten grus eller grovsand som dominerte. Skilnaden mellom steddannet morenejord av leirskifer og av nordmarkitt-eikeritt med omsyn til den mekaniske sammensetningen av materialet mindre enn 2 mm, var mye mindre enn jeg hadde ventet. Men innholdet av steiner og blokker var langt større i slik morenejord av Oslofelt-eruptiver.

På mange steder har jeg ellers vært i tvil om det er morenejord eller forvittringsjord jeg har hatt for meg. Når en ikke har snitt heilt ned til fast fjell, kan en selvfølgelig ikke få rede på tykkelsen til avleiringen og hvordan overgangen mellom lausmaterialet og fjellgrunnen ser ut. Skilnaden mellom morenejord og forvittringsjord blir ellers mindre når morenematerialet er flyttet svært lite av isen. I mange slike høve har det likevel omsider lyktes å finne ut at avleiringen virkelig er morenejord.

Etter dette må en altså regne med at det f. eks. i Kolbu ligger betydelige arealer av dyrket mark på morenejord som er blitt til praktisk talt bare av den bergarten en har i fjellgrunnen på stedet.

Fra disse traktene kan jeg ellers nevne et eksempel på at undersøkelse av bergartene i morenejordas steinfraksjon kan føre til bedre kjennskap til fjellgrunnen. Sommeren 1943 fant jeg i nærheten av Hveemsåsen noen steiner av syenittporfyr som hører til Oslofelt-eruptivene. Året etter lyktes det å finne bergarten i fast fjell, bl. a. i den nytgravde tomte til villaen Solbrå som ligger ved vegen ca. 400 m sørøst for Bilitt stasjon. Stedet ligger 6—7 km nordafor den kartlagte grensa for eruptivene i Skreia.

Området med moreneleire i Totenvika.

(Rektangelkartet 26 A, Hamar.)

Langs kantene av Mjøsa råker en flere steder på moreneleire. Særlig i nordkanten av Skreia er det god anledning til å studere mektige avleiringer av slikt materiale. Moreneleira skiller seg skarpt ut fra de øvrige typene av moreneavleiringer i distriktet. Etter min oppfatning inntar slike avleiringer av moreneleire en sentral stilling når det gjelder spørsmålet om transportavstandene for morenematerialet. Jeg har derfor lagt ned et betydelig arbeid på å undersøke slike lausavleiringer.

I eldre litteratur finnes det spredte merknader om forekomster av moreneleire i Mjøs-traktene. En del av beskrivelsene er uklare, og det er til dels brukt heilt andre inndelingsmåter enn de vi holder oss til nå. Begrepet «Ler-Aur med Grus» som KJERULF (1862 s. 138) brukte, svarer ikke til det vi nå meiner med uttrykket moreneleire. En annen sak er det at grensa mellom «leiraur» og «sandaur» på mange steder også synes å være avsatt ganske tilfeldig på kartet. Så vidt jeg kan forstå, har også HANSEN (1903) og HELLAND (1913) brukt betegnelsen moreneleire om jord som mangler leiregenskaper.

BRØGGER (1900—1901 s. 190 o. ff.) peker på at moreneleira i Mjøs-traktene er ganske særegen. Han nevner at den er så fast at den i leirtakene ofte må mineres ut og knuses før den kan arbeides videre. Ellers gjør han merksam på den store tykkelsen (s. 190 «Mægtigheden er undertiden meget betydelig, op til måske 20 meter og mere (?)»), og nevner at moreneleira er meget alminnelig langs sidene av Mjøsa like fra Feiring til Lillehammer. Brøgger sier videre at avleiringen må oppfattes som en mektig bunnmorene avsatt under vatn. Han nevner også teglverk som bruker slik leire.

Teglverk i disse traktene er ellers omtalt av DIETRICHSON (1923, 1924). Under reiser i dette distriktet har jeg fått opplyst at det for lengre tid tilbake har vært i drift mange små teglverk nede ved Mjøsa i Totenvika. Råmaterialet må her ha vært moreneleire.

I det bratte lendet oppunder Skreia har det i betydelig omfang foregått omleiring av lausmaterialet etter at breisen ble borte. Fallet avtar sterkt nedover mot Mjøsa så materiale vatnet fører med seg, kan bli bunnfelt. Over store arealer i de lavere traktene er det nå sedimentær sand og grus øverst. Men lenger oppe i skråningene finner en ofte moreneleire i dagen. Like ned til Mjøsa er også moreneleira blottlagt flere steder.

Elver og bekker har skåret seg dypt ned i denne leira i de bratte skråningene. Mange steder har det nylig gått store ras så en ser pene snitt i avleiringene. Der moreneleira ikke er oppbløtt av vass-sig, er den som regel usedvanlig hard og fast. En vil mange steder ikke klare å hogge en tilspisset spade mer enn noen få millimeter inn i veggen etter et nytt ras, selv om en ikke råker på grus eller stein.

Ved å følge elvene og bekkene i de bratte skråningene fra Mjøsa og oppover til Skreia kan en få et innblikk i tykkelsen og sammensetningen av leirlaget. Det er meget vanskelig å få eksakte mål for lagtykkelsen i dette bratte terrenget. Men en kan si med sikkerhet at tykkelsen av moreneleirlaget mange steder langt overstiger 20 m (se sitat etter Brøgger, s. 69). Sannsynligvis kommer en flere steder opp i tykkelser på 40—50 m.

På noen steder har jeg funnet at det stikker opp fjell i dagen et stykke til side for elveløpene, selv om elvene ennå graver bare i moreneleira uten å være kommet ned til fast fjell. Forholdene må tolkes slik at elvene følger gamle senkninger i fjellgrunnen. En må altså regne med en veldig variasjon i tykkelsen av disse lausmassene. Alle steder der jeg har sett skjæringer ned til fast fjell, rekker leira



Fig. 9. Utsikt mot dalen for Hammerstadelva, Østre Toten. Det er moreneleire i undergrunnen på kulturbeitene oppunder skogkanten på begge sider av elva.

like ned til fjelloverflaten. Etter dette kan en altså regne med at fjellgrunnen har markerte, dalformete forsenkninger som har vært fylt av moreneleire.

Når en merker seg den bratte skråningen på fjellet, og at moreneleira kommer fram i dagen flere steder ved Mjøs-stranda, ligger det nær å regne med at det er kolossale masser av slik morenejord under grovere materiale i de lavere traktene.

Massene av moreneleire slutter mange steder svært markert opp mot Skreia. Etter målinger med aneroidbarometer går slik leire opp til vel 400 m o. h. på nordsida av Jønssvedalen. Det er et tydelig platå med relativt svak skråning der leirmassene slutter. Lenger oppover er det bare litt grovt lausmateriale som dekker fjellgrunnen. Langs elvene går moreneleira til større høyde. Ved det sørlige tilløpet til Fjellhaugelva slutter de store leirmassene, etter barometermålinger, ved ca. 500 m o. h. Det ble avlest ca. 600 m ved overkanten av de store leirmassene ved Sulustad- og Hammerstadelva. Også i disse dalene slutter leirmassene ved en relativt markert grense.

Heilt opp ved Leirsjøen (693 m o. h.) har jeg funnet små leirforekomster. Langs strendene så jeg flere steder leirklumper i grovere materiale.

I rasgropene kan en av og til se at det stikker fram tre-rester fra moreneleira. En kunne tenke på at en her har for seg rester av trestammer som isen hadde blandet sammen med mineralmaterialet den gang moreneavleiringen ble til. I de dypere lag i denne leira ville organisk materiale sikkert kunne holde seg meget lenge. Men en må også regne med at det stadig har foregått ras, slik at trær som har vokst på stedet, lett kan ha blitt begravd av leire. På flere steder har jeg funnet lange, tynne trestammer som stikker fram fra leirmassene. Det er ytterst lite sannsynlig at en ville finne slike trerester hvis materialet var blitt innblandet i mineraljorda av isen. Den rimeligste forklaring må altså være at en her har rester etter trær som er blitt begravd ved ras.

Det har ikke lyktes meg å finne noen sortering med tilsvarende lagdeling i disse leirmassene. I alle de snitt jeg har sett, har materialet hatt karakter av typisk moreneleire. Men sprekkesystemer som kan ha oppstått ved mekanisk påvirkning, finnes også her. Det er stor variasjon i innholdet av blokker, steiner og grus. Til dels er mengden av slikt grovmateriale så liten at en kan si det bare finnes spredte steiner.



Fig. 10. Rasvegg i moreneleire. Ved Hammerstadelva, Østre Toten, ca. 550 m o. h.

HANSEN (1903 s. 16) regner med at det er tykke lag av fin, sedimentær blåleire ved ca. 400 meters høyde i «dalen østenfor Trogstadhøiden». Han tenker seg at leira her er bunnfelt i vatn som er oppdemt av Mjøs-breen. Jeg har fulgt Sulustadelva, som renner øst for

Trogstadhøgda, men fant ikke merker som tydet på at leirmassene her var bunnfelt på stedet. Sannsynligvis har ikke Hansen gransket dette lausmaterialet nærmere, men uten videre tenkt seg at disse svære leirmassene måtte være av sedimentær karakter. Han har så straks laget seg en teori som skulle gi forklaring på disse særegne forholdene. Det er ellers heilt urimelig at en skulle vente å få bunnfelt «temmelig mægtig fin blålere» i en bredemt sjø i disse brattlendte traktene. En annen sak er det at Hansen fortjener anerkjennelse for å ha innsett muligheten av at det har vært oppdemt små sjøer langs iskanten i disse distriktene. Det finnes i Mjøs-traktene mange forekomster av grovere sedimenter som naturlig kan forklares ut fra denne synsmåten (LÅG [1948 b]).

I tabellene 28 og 29 er gjengitt den mekaniske sammensetningen og CaCO_3 -innholdet for en del prøver av moreneleire. Prøven merket M 2 er tatt ut i gropen for et ras ved Lortdalsbekken i Boksrud skog, og M 3 er fra den store rasgropen i Jønssvedalen i skogen til Fjærkenstad. Videre er M 32 tatt ved den søre greina av Fjellhaugelva ca. 480 m o. h., M 33 ved Sulustadelva ca. 550 m o. h., M 34 ved Hammerstadelva ca. 575 m o. h., M 35 ved Hammerstadelva ca. 400 m o. h. og M 36 er tatt i en liten leirvegg på nordsida av Lenaelva, like innafør munningen i Mjøsa. M 66 og M 67 er som nevnt fra traktene ved Høvernsjøen.

Tabell 28.

Mekanisk sammensetning av prøver av moreneleire fra Toten.

Prøve nr.	% av materialet < 2 mm						
	2,0—0,6 mm	0,6—0,2 mm	0,2—0,06 mm	0,06— 0,02 mm	0,02— 0,006 mm	0,006— 0,002 mm	< 0,002 mm
M 2	9,3	13,9	15,6	11,9	11,6	8,7	29,0
M 3	5,3	8,1	8,8	10,8	12,1	15,0	39,9
M 32	9,1	37,0	12,3	6,5	9,2	6,5	19,4
M 33	4,8	27,2	9,6	10,2	14,6	8,5	25,1
M 35	9,0	27,3	10,6	7,2	10,7	8,6	26,6
M 36	12,2	25,5	10,8	7,7	10,4	7,8	25,6

Som en kunne vente, er det en del variasjon i den mekaniske sammensetningen. Men alle prøvene har typisk leirkarakter. Til jämføring kan nevnes analyser av moreneleire fra teglverk i Hedmark. ØYEN (1925—1926 s. 252 o. f.) offentliggjør analysetall for 3 prøver

fra teglverkene Sendstad og Mengshol. Analyseringen er utført av Statens Råstoffkomité. Innholdet av leire ($< 0,002$ mm) ligger mellom 30 % og 35 %. Men da det bare er oppgitt at den groveste fraksjonen er over 0,1 mm, er det uvisst om tallene direkte kan jamføres med analysetallene i tabell 28.

Tabell 29.

*Innhold av karbonat, beregnet som CaCO_3 i % av tørr jord,
i prøver av moreneleire fra Toten.*

Prøve nr.	% CaCO_3	Prøve nr.	% CaCO_3	Prøve nr.	% CaCO_3
M 32	2,8	M 35	3,7	M 66	0,9
M 33	2,1	M 36	4,4	M 67	1,8
M 34	3,8				

Det finnes lignende moreneleire både lenger nordover og lenger sørover langs Mjøs-stranda, men jeg har ikke foretatt så omfattende undersøkelser på andre steder. I litteraturen finner en at det har vært teglverk ved Narum ved Lenaelva (BJØRLYKKE 1913 s. 144, DIETRICHSON 1924 s. 44) og ved Gråsten på vestsida av Einavatnet (HOLTE-DAHL og SCHETELIG 1923 s. 40). Om teglverket ved Narum er det opplyst (DIETRICHSON 1924) at det ble nedlagt fordi det ikke var mer leire igjen. Leirtaket ved Gråsten er nå svært igjengrodd så forholdene er vanskelige å tolke. Men så vidt en kan forstå, må det også her være moreneleire av lignende type som i Totenvika.

i. Valdres.

(Gradteigskartene E 31 V, Vangsmjøsi, E 31 Ø, Slidre, og E 32 Ø, Gol.)

I Valdres og tilstøtende distrikter er det store arealer med fyllitt i fjellgrunnen. Det kan være meget store variasjoner innafor denne bergarten eller bergartsgruppen, men i alminnelighet er den relativt lite motstandsdyktig mot iserosjon. Gradteigskartet Gol er nylig kommet ut som geologisk kart (BUGGE 1939), men ellers foreligger bare gamle oversiktskart. Forholdene ligger altså stort sett ikke særlig godt til rette for undersøkelse av morenejorda. Men det var planen å studere moreneavleiringer også i trakter med slike bergarter, og jeg kunne heller ikke finne noe annet fyllittområde som passet bedre.

Straks jeg var blitt klar over at det mange steder i Oslofeltet fantes morenejord av en enkelt bergart, gikk jeg ut fra at det også måtte være



Fig. 11. Steinrik morenejord av fyllitt. Ved vegen på vestsida av Volbufjorden i Øystre Slidre, ca. 2 km sør for Volbu kirke.

mulig å finne rein fyllittmorenejord. Dette viste seg å være riktig. På et stort antall steder i Valdres har jeg funnet morenejord som er blitt til utelukkende av fyllitt. I mange høve er det litt innblanding av kvartsgrus og -steiner fordi det har vært små linser av slikt materiale i bergarten.

En del spesielle egenskaper til fyllittmorenejorda blir nevnt seinere. I listen over analyserte jordprøver og under omtalen av den mekaniske sammensetningen til morenejorda er det nevnt en del lokaliteter for moreneavleiringer av fyllitt. Jeg skal derfor la være å ta med detaljbeskrivelse her.

Morenejord som er blitt til vesentlig av fyllitt, har stor utbredelse også i andre deler av landet. Meget betydelige arealer av innmark ligger på slik jord, og i det heile knytter det seg store økonomiske interesser til disse moreneavleiringene.

j. Moreneleire i andre dalfører.

Når en ser på de store trekkene i topografien, legger en merke til at de veldige massene av moreneleire på vestsida av Mjøsa ligger der Skreia stenger for det åpne landskapet nordafor. Med tanke på å få

bedre innblikk i hvordan slike avleiringer er blitt til, har jeg undersøkt en del lignende lokaliteter i de store dalførene lenger sørvestover i Norge.

Ved søre delen av Randsfjorden er det atskillig av sedimentær leire. Det er f. eks. slikt materiale som brukes ved Onsrud teglverk.

I traktene ved Sørumsjøen i Brandbu går Randsfjorden et stykke nesten rett øst-vest. Forholdene minner atskillig om de en har i Totenvika. Den bratte fjellskrånningen på sørsida stenger i noen grad for den åpne passasjen nordfra.

Etter å ha gransket kartene over distriktet, bestemte jeg meg for å undersøke forholdene langs Grytebekken. Denne bekken renner med til dels sterkt fall noenlunde rett nordover og munner ut ca. 2 km østfor Sørumsjøen. Et lite stykke ovafor veien fant jeg — som ventet — pene snitt i moreneleire. Det hadde her gått små ras langs bekken. Prøven merket M 48 i tabell 30 er tatt i en liten rasgrop ved bekken, ca. 180 m o. h. Etter barometermålinger går denne fin-kornete moreneavleiringen til over 200 m o. h. Men med unntak av de bratte skråningene ned til bekken var moreneleira dekt av grovere materiale. Den mekaniske sammensetningen av denne leira varierte ellers atskillig. For det meste var sand- og grusinnholdet ganske stort, og jorda var stort sett mindre stiv enn i skjæringene på nordsida av Skreia.

En lignende forekomst av moreneleire fant jeg ved Vuluabekken i Søndre Land, om lag 20 km nordafor Sørumsjøen. Det hadde her gått betydelige ras i leira. Prøven merket M 49 ble tatt like ved veien, på nordsida av bekken. Høyden over havet var her anslagsvis 180—190 m. Men leirmassene fortsatte 30—40 m høyere.

Prøven merket M 50 i tabell 30 ble tatt ut ved Engelibekken i Søndre Land. Jeg har ellers funnet moreneleire på mange andre steder i de nordlige Randsfjord-traktene, både på østsida og vestsida av fjorden.

Sandinnholdet ligger relativt høyt, særlig i de to første prøvene. Men ved feltbedømmelse var det ikke tvil om at materialet måtte karakteriseres som moreneleire. På mange steder i disse traktene var ellers sandinnholdet betydelig større, så morenejorda dels sto på overgangen mellom leire og sand, og dels måtte karakteriseres som leirrik morenesand.

Litt sør for Noresund gjør Krøderen en skarp bøy. Topografisk sett ligner forholdene på denne måten mye på de en har ved Sørumsjøen.

Det viste seg at det lå veldige morenemasser på sørsida av Krøderen øst for utløpet av Bjøreelva.

Tabell 30.

Mekanisk sammensetning av moreneleire fra vestsida av Randsfjorden.

Prøve nr.	% av materialet < 2 mm						
	2,0—0,6 mm	0,6—0,2 mm	0,2—0,06 mm	0,06— 0,02 mm	0,02— 0,006 mm	0,006— 0,002 mm	< 0,002 mm
M 48	10,4	35,6	13,3	10,1	6,7	5,1	18,8
M 49	9,4	21,6	20,1	13,4	9,3	7,0	19,2
M 50	14,9	13,6	20,2	12,1	9,8	6,8	22,6

I overflaten så en ikke annet enn grovt materiale. Her manglet elver og større bekker, så en kunne ikke vente å finne store naturlige snitt. Men lokalkjente folk kunne fortelle at det for lang tid tilbake var tatt leire til pipemuring o.l. i disse lausmassene ovafor Ødegård. Dette skulle være det eneste stedet innafor et stort distrikt, der det fantes leire som kunne brukes til slikt.

Leirtakene var nå gjenraste og overgrodde med skog. I en av de gamle gropene like ovafor beitet til Ødegård tok jeg ut en prøve (M 72 i tabell 31). Men der prøven ble tatt, var det enda innblandet en del av det grovere materialet fra overflatelaget. Analysetallene i tabell 31 viser likevel at jorda skiller seg klart ut fra de vanlige grovkornete moreneavleiringene. Der prøven ble tatt ut, er høyden over havet ca. 200 m og avstanden til bebyggelsen på Ødegård ca. 0,2 km.

Det ordinære morenedekket over den marine grensa var i disse traktene ganske grovkornet.

Fra litt ovafor utløpet av elva Vrenga til forbi Lyngdalselvas munning svinger Numedalslågen sterkt østover. På sørsida av dalen har en over dette området et til dels meget tykt dekke av morenejord. Sannsynligvis hører disse lausmassene til de tykkeste moreneavleiringene som finnes i Numedal.

I dypere lag finner en ofte et stort leirinnhold i morenematerialet. Tidligere er det på flere steder i dette området blitt tatt leire til pipemuring o.l. Prøve M 46 i tabell 31 er tatt ut i et giengrodd leirtak på søre Solum i Flesberg. Men den er hentet fra for liten dybde, så det er noe innblanding av grovere, nedrast materiale. Erosjonsdaler med

tverrbratte sider, skarpryggete jordhauger o.l. landskapsformer tyder også på et stort leirinnhold i morenejorda i disse traktene.

Tabell 31.

Mekanisk sammensetning av finkornet morenejord fra Krødsberad og Flesberg.

Prøve nr.	% av materialet < 2 mm						
	2,0—0,6 mm	0,6—0,2 mm	0,2—0,06 mm	0,06— 0,02 mm	0,02— 0,006 mm	0,006— 0,002 mm	< 0,002 mm ¹
M 72	13,6	31,6	17,9	11,3	6,9	4,5	14,2
M 46	4,5	12,4	25,9	24,9	13,9	4,9	13,5

Både analysetall og feltiakttagelser viser at jorda skiller seg ut fra det vanlige, grovkornete morenematerialet i distriktet.

Der prøven M 46 ble tatt ut, var det bare spredte eksemplarer av steiner. SAMUELSEN (1937 s. 69) omtaler materialet i dette området¹) som morenegrus. Men årsaken til at han har brukt denne betegnelsen, ligger sannsynligvis i at han bare har sett på den mekaniske sammensetningen av jorda i overflaten.

Sør for innsjøen Soneren i Sigdal har jeg funnet lignende materiale. Men da jeg ikke har sett tydelige snitt i avleiringen, kan jeg ikke si med full sikkerhet at materialet er moreneleire.

Traktene ved Sperillen har jeg ennå ikke hatt høve til å undersøke.

I litteraturen er det nevnt at det finnes moreneleire i Gudbrandsdalen og i Glommas dalføre (se f. eks. BJØRLYKKE 1893 og SORTDAL 1921). Men jeg har ennå ikke utført nærmere undersøkelser i disse distriktene.

k. Iakttagelser i andre trakter.

Morenejord som er blitt til bare av den bergarten en har i fjellgrunnen under, har jeg sett også på et stort antall andre steder i Norge. Jeg har funnet slikt materiale i mange andre trakter over Østlandet og dessuten på Vestlandet og i Trøndelag. Det er etter dette klart at de områdene som er undersøkt, ikke står i særstilling. Men jeg

¹) I Samuelsens avhandling, s. 69, må Trollelva være trykkfeil for Trolielva.

skal ikke komme nærmere inn på forholdene i andre landsdeler i denne publikasjonen.

1. En forveksling mellom moreneleire og forvittringsjord i Norge.

Mens jeg sommeren 1945 holdt på med undersøkelser i Nordmarka, fant jeg leirholdig forvittringsjord av basalt i et lite fylltak ved Nordre Movatn. Fylltaket lå like ved brua over Elmedalsbekken som munner ut i nordenden av vatnet. Så vidt en kunne se nå, var det her tatt materiale til vegfyll noen få år tidligere. Det var meget frodig vegetasjon inntil fylltaket. Materialet var leirrikere og forvitringen hadde hatt større omfang enn alminnelig. Jeg reiste derfor spørsmålet om det skulle ha vært muligheter for nydannelse av leirmineraler ved forvitring av denne spesielle, kiselfattige bergarten.

Tidligere hadde jeg funnet i litteraturen at K. O. Bjørlykke har skrevet om en forekomst av moreneleire, vesentlig av augittbasalt (essexittmelafyr), i Menstadseterskogen i Gjerpen. Jeg stilte meg straks noe tvilende til påstanden om at det kunne dannes moreneleire vesentlig av en enkelt bergart innafor et så lite bergartsområde. Da jeg hadde funnet det egenartete forvittringsmaterialet ved Movatn, bestemte jeg meg for å besøke området med de samme slags lavabergartene i Gjerpen.

Den første beskrivelsen av den særegne jorda i Menstadseterskogen har Bjørlykke gitt i en artikkel i «Tidens Tegn» i 1928.¹⁾ Seinere har han omtalt denne jorda flere ganger (BJØRLYKKE 1931, 1932 a, 1932 b, 1940). Han har hatt så stor interesse for jorda i Menstadseterskogen fordi analyser av et par prøver, etter framgangsmåten med ekstrahering med 10 % kald saltsyre, viste et ualminnelig stort innhold av oppløselig fosfor, kalium og kalsium.

Det går fram av Bjørlykkes utgreiinger at materialet hadde vært prøvd som jordforbedringsmiddel, og at en meinte å ha sett bra avlingsutslag. I 1915 hadde landbrukskemiker Hals ved Statens Landbrukskjemiske Kontrollstasjon i Oslo analysert en innsendt prøve. Bjørlykke har selv besøkt stedet høsten 1927, og snart etter er det utført analyse av en ny prøve.

Bjørlykke gjentar mange ganger at dette lausmaterialet er morene-

¹⁾ «Fruktbar jord. På forekomster av vulkanske basiske bergarter.» — «Tidens Tegn», nr. 24, 28. januar 1928.

jord. På et par steder har jeg funnet at han har uttalt seg nærmere om den mekaniske sammensetningen. I artikkelen i «Tidens Tegn» sier han at jorda er rik på finpartikler så den til dels danner faste klumper i tørr tilstand, og at den derfor nærmest må betegnes som moreneleire. Seinere har BJØRLYKKE (1940) brukt denne betegnelsen i boka om Norges jord og jordsmonn. Han sier her på s. 110: «I Menstadseterskogen, ca. 1 km sydsydvest for gården Åsterød, ca. 150 m o. h., optrer en morenejord, som vesentlig er opstått av denne sorte porfyr. Prøve av denne moreneleire . . .»

Både 1946 og 1947 besøkte jeg stedet for å se på denne særegne jorda. Siste gangen traff jeg Nils E. Stensrød, som viste meg nøyaktig hvor det var tatt materiale til jordforbedring. Stensrød kunne fortelle at det var han som hadde brukt denne jorda «til gjødsling». Under den første verdenskrigen drev han småbruket Nyland, og han hadde da kjørt noe av dette lausmaterialet ut på de dyrkede myrene på eiendommen.

Fylltaket ligger på sørsida av vegen like ved innkjøringa til jordet til bruket Nyland. BJØRLYKKE (1940 s. 110) oppgir at stedet ligger ca. 150 m o. h. Etter høydetallene på et tysk militærkart fra 1943 skulle fylltaket ligge om lag 170 m o. h. Men selv om høyden er noe mindre, ligger stedet likevel over den marine grensa.

Vegetasjonen inntil det gamle fylltaket var usedvanlig frodig.

Vegen oppover mot Nyland var utbedret så det var flere nye, små skjæringer. Det var i seinere tid tatt ut en del lausmateriale og brukt til fyll på vegen. Vegdekket var ualminnelig godt. Ved de tider jeg besøkte stedet i 1946, var det et kraftig regnvær. Men vegen her var merkelig fast og fin, og det så ut som vatnet perlet av på det særegne dekket.

Lausmaterialet på stedet viste seg å være forvittringsjord av basalt. Det var jevn overgang fra jordoverflaten og ned til fast fjell. Enkelte steder lå det igjen i jorda steiner med typiske forvittringsformer. Det var absolutt ingen innblanding av andre bergarter i dette materialet. Mange steder så en tydelig bergartsstrukturer i de dypere jordlagene.

I traktene omkring disse fylltakene var det også mange steder relativt tykke lag av forvittringsjord. Således lå en betydelig del av innmarka til Nyland på slik jord. Også andre steder innafor dette basaltfeltet har jeg funnet slik forvittringsjord, men jeg har ennå ikke

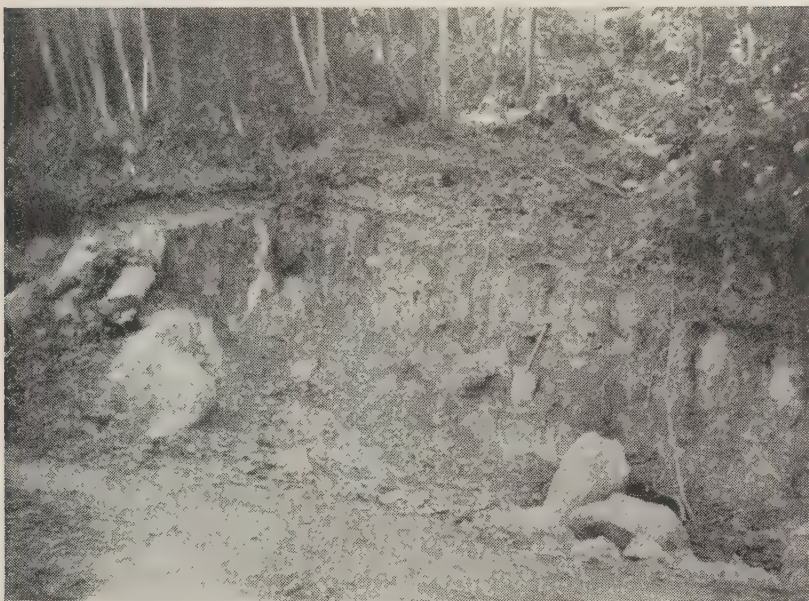


Fig. 12. Forvittringsjord av basalt. Ved vegen ca. 30 m nedafor innkjøringa til småbruket Nyland, Gjerpen.

gjort mer inngående undersøkelser. I distriktet omkring Nyland var det i det heile svært lite morenemateriale.

Første inntrykket av materialet var at jorda i overflaten var svært leirrik. Når en prøvde med utrulling, fant en at den ikke kunne betegnes som leire, men den hadde på andre måter leiregenskaper. Det ble til dels ganske harde klumper i de lufttørre prøvene. I det heile skilte denne jorda seg sterkt ut fra alminnelige norske jordarter med omsyn til de fysiske egenskapene. Det var derfor vanskelig å komme til klarhet over leirinnholdet bare ved å nytte feltmetoder.

Jeg har utført en del laboratorieundersøkelser av prøver som ble samlet inn i 1946. De to prøvene merket F 16 og F 17 er fra fylltaket på sørsida av vegen ca. 30 m nedafor innkjøringa til Nyland. F 16 er tatt ca. 20 cm under den naturlige jordoverflaten og F 17 i om lag 1 meters dybde.

I prøven merket F 16 var det ikke materiale med større diameter enn 2 mm. Prøven fra 1 meters dybde inneholdt derimot en del grus. Ved mekaniske analyser av F 16 og F 17 (se tabell 32) viste det seg at jorda inneholdt påfallende lite av materiale med mindre diameter enn 0,002 mm. Forklaringen på de merkelige fysiske forholdene må



Fig. 13. Nyland i Gjerpen. En stor del av innmarka på dette bruket ligger på forvittringsjord av basalt.

være at dette forvittringsmaterialet har heilt spesielle egenskaper. Dermed kan de fysiske tilstandene hos jorda avvike sterkt fra det en skulle vente etter den mekaniske sammensetningen.

Tabell 32.

Mekanisk sammensetning av forvittringsjord fra Menstadseterskogen i Gjerpen.

Prøve nr.	% av materialet < 2 mm						
	2,0—0,6 mm	0,6—0,2 mm	0,2—0,06 mm	0,06— 0,02 mm	0,02— 0,006 mm	0,006— 0,002 mm	< 0,002 mm
F 16	12,6	30,1	24,8	15,8	8,0	3,3	5,4
F 17	40,2	34,5	7,9	9,5	3,0	1,7	3,2

Interessen for spørsmålet om dannelse av særegne leirmineraler ved forvitring av basalt var årsak til at jeg tok opp disse undersøkelsene. Feltiakttagelsene viste altså at disse avleiringene av forvittringsjord på mange måter hadde spesielle egenskaper. Ved en orienterende undersøkelse syntet det seg at materialet reagerte positivt ved benzidin-prøven

(HENDRICKS and ALEXANDER 1940). Dette skulle peke i retning av at det fantes mineraler av montmorillonitt-gruppen. Undersøkelser med polarisasjonsmikroskop ga lignende resultat.

Selv når jeg ikke over utstyr til mer inngående undersøkelser over mineralsammensetningen. Men dr. Ivan Th. Rosenqvist var så elskverdig å tilby seg å undersøke prøvene røntgenografisk.

Rosenqvist opplyser at prøvene er rike på røntgenamorft stoff, så bestemmelsen etter denne framgangsmåten blir forholdsvis usikker på grunn av sterk bakgrunnssvertning. Men det kan slutes at preparatene fra F 16 og F 17 inneholder små mengder leirmineraler som hører til montmorillonitt-gruppen. Fraksjonen mindre enn 0,005 mm er slemmet ut og brukt ved undersøkelsene. Ved denne røntgenografiske metoden er det i slikt materiale vanskelig å påvise montmorillonitt når innholdet kommer vesentlig under 25 %. Mengdene av slike leirmineraler i preparatene fra F 16 og F 17 kan anslagsvis settes til 10—25 %.

Fra geologisk synspunkt er det viktig å få rede på når denne forvitringen har foregått. Stedet ligger 20—30 km nordafor raet. Terrenget er åpent. Det finnes altså ikke grunn til å tro at disse traktene var uberørte av isdekket under den siste istida. Oppsmuldringen av fjellgrunnen må derfor ha foregått etter isavsmeltingen.

Det kan derimot tenkes at det tidligere — f. eks. i tertiærtida — har foregått kjemiske omdannelser av basalten i fjellgrunnen. Dermed kunne de mekaniske oppsmuldringsprosessene som har virket i perioden etter istida, bli lettet. En slik forklaringsmåte kan kanskje ha noe for seg også med omsyn til andre forekomster av forvittringsjord i Norge. Men foreløpig har jeg ikke tilstrekkelig materiale til å gå nærmere inn på dette viktige, men vanskelige geologiske problemet.

Så vidt det nå er mulig å dømme om det, vil påvisningen av dette særegne forvittringsmaterialet bli av betydelig interesse ved fortsatt utforskning av jordbunnsforholdene i Norge. Disse leirmineralene har så spesielle egenskaper at det er grunn til å prøve å skaffe seg rede på hvor en kan vente å finne innblanding av slikt materiale i jorda. Både for klarlegging av teoretiske problemer vedrørende jordsmonndannelsen, og for mer praktisk innstilt forskning innafor jordbunns-læren, er det av betydning å ha kjennskap til utbredelsen av slike reaksjonsdyktige leirmineraler i lausmaterialet.

Hittil er det ikke utført systematiske undersøkelser over utbredelsen

av forvittringsmateriale i Norge. Det er nå et nærliggende spørsmål hvorvidt det finnes slike leirmineraler i morenejord og sedimentær jord som er blitt til av basalt. Etter oppdagelse av bentonitt i kambrosilur-lag i Sverige (THORSLUND 1945) blir det selvfølgelig også av interesse å få nye undersøkelser over mineralsammensetning hos Oslofelt-sedimenter og jord som er blitt til av disse bergartene.

Tidligere er det påvist lokale forekomster av forvittringsjord med leirmineraler langs kysten av Sørlandet (BARTH 1940, se også BARTH 1939). Til dels er denne jorda blitt brukt teknisk. BARTH (1939 s. 302) har vært inne på at siste isdekket kanskje ikke over alt i disse traktene har nådd like ut til havet.

Fra Kjøse i Vestfold har jeg beskrevet forvittringsjord av larvikitt (LÅG 1945 b). Stedet ligger nordafor raet. Forvittringsjorda har til dels betydelig tykkelse og dekker store områder. Oppsmuldringen av fjellgrunnen må også her ha foregått etter siste istid. I forvittringsmaterialet påviste professor Tom. F. W. Barth at det fantes et leirmineral, enten hydroglimmer eller helst beidellitt.

C. Alminnelig drøfting av resultater fra undersøkelsene.

a. Utbredelse og kjennetegn for forskjellige hovedtyper av morenejord.

For å få oversikt over de moreneavleiringene som er behandlet foran, kan de deles inn i tre hovedgrupper:

1. Grovkornet (ikke plastisk) morenejord med steinfraksjonen sammensatt enten bare eller for den aller største delen av bergarten i fjellgrunnen under.
2. Grovkornet (ikke plastisk) morenejord med steinfraksjonen for en stor del sammensatt av bergarter som ikke finnes i fjellgrunnen under.
3. Moreneleire. Når grus og grovere bestanddeler ikke blir tatt med, har materialet leirkarakter.

Den første hovedgruppen av morenejord vil få en sentral stilling ved utgreiing av viktige pedologiske og kvartærgeologiske problemer. Jeg har funnet det hensiktsmessig å innføre et par nye betegnelser ved drøfting av slike avleiringer. Uttrykket *a u t o k t o n* morenejord blir brukt om morenemateriale som ikke er transportert nevneverdig, og betegnelsen *m o n o m i k t* morenejord brukes om morenemateriale der det finnes steiner og blokker bare av en enkelt bergart.

Egenskapene til en monomikt moreneavleiring er selvfølgelig sterkt avhengig av hvilken bergart den er blitt til av. Det ligger utafor rammen for dette arbeidet å kartlegge utbredelsen og å behandle detaljert egenskapene til forskjellige typer av moreneavleiringer. Til nærmere undersøkelse av mekanisk sammensetning og en del kjemiske egenskaper har jeg foreløpig valt ut morenejord av fyllitt og av nordmarkitt-eikeritt. En del resultater fra disse granskningene blir gjengitt lenger ute.

Innafor et stort område av en enkelt bergart kan det naturligvis ha foregått transport av materiale over større avstander selv om det finnes bruddstykker bare av den eine bergarten i morenejorda. Men ved disse undersøkelsene er det klarlagt at det i mange høve ikke er foregått nevneverdig flytning av materialet. Det er nevnt døme på at en kan følge en gangbergart fra fjellgrunnen opp gjennom moreneavleiringen, og at en like på sørsida av en bergartsgrense kan finne morenejord heilt uten innblanding av tilført materiale. Uttrykt med andre ord er altså bergartsmaterialet blitt revet laus fra fjellgrunnen og oppknust til jord så å si på samme stedet.

Den mekaniske sammensetningen hos slik morenejord avhenger i stor utstrekning av hva for slags bergart den er blitt til av. På s. 109 o. ff. er skilnaden mellom morenejord av fyllitt og av nordmarkitt-eikeritt diskutert. Det er en alminnelig regel at den autoktone morenejorda er relativt grovkornet. Dersom bergarten har tilstrekkelig sammenhengskraft, blir det mye av steiner og blokker i slik jord. Materialet er skarpkantet, og det er sjelden en finner skuringsstriper på steinstykkene. De alminnelige skildringene av morenejord, der det fortelles om kantslitte steiner med skuringsmerker osv., passer altså ikke for denne hovedtypen av moreneavleiringer.

Tykkelsen av disse moreneavleiringene varierer sterkt. Men bedømt etter formen på landskapet kan de nå opp i stor tykkelse. Jeg har sett skjæringer gjennom steddannet morenemateriale på opptil 5—6 m. Slike moreneavleiringer av eruptivbergarter er som regel meget faste, og det store steininnholdet gjør også sitt til at det er svært arbeidskrevende å grave laus materiale i skjæringer og fylltak. I noen få høve har jeg funnet autoktone moreneavleiringer der blokk- og steininnholdet er så stort at mellomrommene ikke er fullstendig fylt med finere materiale.

På grunn av steininnholdet er autokton morenejord av eruptiv-

bergarter som regel uskikket til oppdyrking. Men innafor områder med blautere bergarter finnes det god dyrkingsjord av denne hovedtypen.

Fjelloverflaten under autokton morenejord har i alminnelighet et karakteristisk utseende. Merker etter isskuring mangler, og mange steder ser en tydelige former etter steinstykker som er revet laus. Til dels kan en finne at steinene eller blokkene ligger praktisk talt på samme stedet. Sammenheng mellom topografi og utbredelse av forskjellige typer av moreneavleiringer blir omtalt seinere.

En må regne med at morenejord som er blitt til av bergarten i fjellgrunnen på stedet, dekker store arealer i vårt land. Klarlegging av dette forholdet er av stor betydning for utgreiing av alminnelige lov-messigheter for jordsmonndannelsen og utbredelsen av forskjellige jordsmonntyper. I Norge er det veldige variasjoner med omsyn til klima, vegetasjon og topografi. Jamført med mange andre land har også fjellgrunnen sterkt vekslende oppbygning. Ved disse undersøkelserne er det vist at jamvel innafor meget små bergartsområder kan det opptre autokton, monomikt morenejord. Det blir på denne måten meget store muligheter for forskjellige kombinasjoner av de viktigste jordsmonndannende faktorene, og dermed ualminnelig gode naturlige vilkår for løsning av viktige, generelle problemer i jordbunns læren.

Det kan nevnes som eksempel av direkte interesse for jordbruk og skogbruk at jord som er blitt til av en enkelt bergart, kan ha svært ensidige egenskaper. Men forholdet mellom jordsmonnet og vegetasjonen ligger utafor de spørsmålene som behandles i dette arbeidet.

Morenejord med stort innslag av tilført bergartsmateriale har også svært varierende egenskaper. Det finnes selvfølgelig ingen skarp grense mellom slike moreneavleiringer og de som er nevnt foran. Men det kan likevel nevnes visse særtrekk.

I alminnelighet er denne morenejorda rikere på fint materiale enn steddannet morenejord av de samme bergartene. Innholdet av steiner og blokker er mindre. Formen til dette grove materialet viser tydelig at det er transportert. De alminnelige beskrivelsene av morenemateriale — slike som vi kjenner fra handbøker og lærebøker i geologi og jordbunns lære — passer som regel bra for denne hovedtypen av moreneavleiringer.

Fjelloverflaten under slik morenejord har i alminnelighet tydelige merker etter isskuring.

Det er veldig variasjon i tykkelsen også for disse morene-

avleiringene. I endemorener er det ofte innblandet mye tilført materiale. Mange andre tykke moreneavleiringer har også stort innslag av fremmede bergarter. Men i trakter der fjelloverflaten er tiljevnet og isskurt, og det bare her og der ligger litt morenemateriale, finner en også i alminnelighet denne typen av morenejord representert. Der dekker av de to grovkornete hovedtypene av morenemateriale støter sammen, viser det seg ofte at den autoktone moreneavleiringen har størst tykkelse.

På mange steder har jeg funnet at mengden av tilført bergartsmateriale avtar fra jordoverflaten nedover mot fast fjell.

En kan finne små arealer av autokton, monomikt morenejord omgitt av moreneavleiringer med mer tilført materiale, og til dels kan også det omvendte forholdet forekomme. Det kunne ligge nær i slike høve å tro at det var en bunnmoreneavleiring som bare hadde materiale av bergarten på stedet, mens den andre lausavleiringen var overflate-morene. På noen steder, f. eks. i Toten-almeningen (se s. 63 o. ff.), har jeg undersøkt forholdene særskilt med tanke på dette spørsmålet. Det ble her slått fast at en slik forklaringsmåte ikke kunne brukes.

Størrelsen av arealene som er dekt av grovkornet morenejord med mye innblanding av tilført bergartsmateriale, blir sterkt avhengig av hvordan grensa mot foregående hovedtype defineres. Men slik morenejord har i alle høve meget stor utbredelse i Norge.

Moreneleira står på mange måter i en særstilling. Avleiringene av moreneleire inne i landet har i alminnelighet stor tykkelse. Men de strekker seg over relativt små arealer. Denne morenejorda er oftest dekt av grovere materiale, så det altså blir enda mindre arealer med moreneleire i jordsmonnet. Men det finnes noe dyrket mark over slik jord, og ellers knytter det seg spesielle kvartærgeologiske problemer til dette materialet.

De forekomstene jeg har omtalt av moreneleire inne i landet, har karakteristisk beliggenhet. Som regel er de knyttet til forsenkninger i terrenget. Et unntak danner leira på Elgstøa i Nordmarka. Men denne avleiringen ligger på samme måte som en drumlindannelse i le av en fjellknaus. Forholdet mellom topografien og beliggenheten til moreneleirforekomstene blir ellers nevnt under drøfting av den relative alderen til slike avleiringer.

Sammensetningen av moreneleira varierer atskillig. Dels finner en at den bare inneholder spredte steiner, og dels er stein- og blokk-

innholdet ganske stort. Dette grove materialet er i alminnelighet godt tilrundet. Det er selvfølgelig heller ikke noen skarp grense mellom moreneleire og leirrik morenesand eller -grus. Men som regel er den uforvitrete moreneleira svært lett å skille ut. Innholdet av leirpartikler ($< 0,002$ mm) i den typiske moreneleira ligger ofte på 25—30 %. I tabellene foran finnes det eksempler på prøver med opptil 40 % leirmateriale.

b. Forhold som har hatt innflytelse på sammenhengen mellom bergartssammensetningen i fjellgrunnen og i morenejorda.

Det er meget vanskelig å komme til klarhet over virkningen av de forskjellige faktorene som har hatt innflytelse på forholdet mellom bergartssammensetningen i fjellgrunnen og i morenejorda. For å kunne finne ut lovmessigheter og forklare årsakssammenhenger i detalj ville det blant annet være nødvendig å ha et klarere bilde enn nå av istidas forløp og breisens forskjellige måter å påvirke underlaget på. I dette høvet vil det bare bli gjennomført en kortfattet drøfting i tilknytning til disse undersøkelsene. Av omsyn til oversikten kan en dele faktorer som har hatt innflytelse på transportavstandene for lausmaterialet, i to store grupper etter sammenheng 1) med fjellgrunnen, og 2) med breisen.

Fjellgrunnen har selvfølgelig hatt stor direkte innflytelse på morenejorda ved at den har avgitt materialet til disse lausavleiringerne. Indirekte har den hatt betydning gjennom innvirkningen på topografien. Men dette siste spørsmålet blir omtalt under behandlingen av faktorer som har sammenheng med breisen.

Det er meget store skilnader på hvor lett fjell av forskjellige bergarter, under ellers like vilkår, har avgitt materiale til moreneavleiringer. Som regel er det blitt mer morenemateriale av en blaut skiferbergart enn av en seig eruptivbergart. Det ser også ut til at det kan ha betydning hvilket fall lagene har i forhold til isens bevegelsesretning. I en del områder later det til at det har hatt noe lettere for å bli dannet lausmateriale når fallet har samme retningen som brebevegelsen enn når isen har «strøket med» skiferlagene. Det kan ellers være stor forskjell mellom fjell som har samme strøk og fall, og som petrografisk sett kan regnes til samme bergarten. Ulikheter med omsyn til utviklingen av spaltene i skifrige bergarter har hatt stor betydning for hvor lett det er blitt dannet lausmateriale.

På bergartskartene finner en gjerne avsatt strøk og fall. Ved vanlig kartlegging av sedimentområder blir det ellers som regel lagt meget stor vekt på å klarlegge aldersforholdet mellom forskjellige bergartsmasser. Dette har til dels ført til at forskjellige bergarter er blitt slått sammen under kartleggingsarbeidet når de er av noenlunde samme alder, mens petrografisk sett samme bergart kan bli avsatt med forskjellige farger eller tegn på kartet når den finnes i lag av forskjellige aldrer. Lignende forhold gjelder også for karter over andre hovedtyper av bergartsområder. Eksempelene viser hvordan vanlig fjellgrunnkartlegging ikke alltid tilfredsstiller de ønskemål en kan stille ut fra jordbunnslærens synspunkt.

Det viste seg ved disse undersøkelsene at det kan være store skilnader mellom felter av forskjellige eruptivbergarter med omsyn til mengdene av morenemateriale som er dannet av fjellgrunnen. Som et nærliggende eksempel kan en nevne forholdet mellom Oslofeltgranittene og nordmarkitt med nærstående syenitter på den eine sida og larvikitt-kjelsåsitt-rekkens dypbergarter på den andre. Det er foran nevnt mange dømme på monomikte moreneavleiringer av de første bergartene. Derimot har det vært vanskeligere å finne morenejord bare av



Fig. 14. Sterkt oppsprukket fjellvegg av nordmarkitt.
Ved vegen Siljan—Styrvoll.

larvikitt eller kjelsåsitt. Også ellers har jeg gjort mange iakttagelser som må tolkes slik at stort sett har fjellgrunn av den første bergartsgruppen lettest avgitt materiale til moreneavleiringer.

Fra praktisk jord- og fjellarbeid er det kjent at larvikitt og kjelsåsitt er seigere bergarter enn Oslofelt-granittene og nordmarkitt. Det synes rimelig at en slik skilnad kan ha hatt betydning for mengdeforholdet mellom bergartsmaterialet i morenejorda. Benkninger og primærstrukturer i eruptivene må være viktige forhold å ta i betraktning ved utgreiing av fjellgrunnens motstandsevne mot isen. Men strukturundersøkelser av eruptivbergarter er først i seinere tid blitt utviklet som en egen grein av geologien. Når gransking av eruptivenes strukturer skal gjennomføres i forbindelse med undersøkelse av morenejorda, støter en på vanskeligheter med at fjellgrunnen i større eller mindre grad er overdekt. Videre knytter jo interessen seg først og fremst til den bergartsmassen som på forhånd er omdannet til lausmateriale.

Jeg kan ikke legge fram noe tallmateriale som viser lovmessigheter mellom eruptivenes strukturer og sammensetningen av morenejorda. Men etter de iakttagelsene jeg har gjort, har en rik utvikling



Fig. 15. Fjellvegg av larvikitt-kjelsåsitt ved Kringla, vest for Langlivatnet i Nordmarka. Isen ville ha vanskeligere for å lage morenemateriale av denne fjellgrunnen enn av fjellet på fig. 14.

av sprekkesystemer lettet isens angrep på fjellgrunnen. Det skulle være grunn til å vente resultater av betydning for forklaring av moreneavleiringenes egenskaper ved nærmere gransking av disse forholdene.

Etter de resonnementene som er gjengitt foran, skulle det altså stort sett være dannet forholdsvis mer morenemateriale av de kiselrike enn de kiselfattige dyperuptivene. Uttrykt med andre ord skulle morenematerialet fra de store områdene med forskjellige dyperuptiver i gjennomsnitt være kiselrikere enn fjellgrunnen.

Enkelte vil kanskje komme med innvendinger om at en oftere finner bart fjell av granitt enn av de kiselfattigste dyperuptivene. Men en må huske på at når en har bar fjellgrunn av slike vesensforskjellige bergartsgrupper, vil i alminnelighet granittfjellet ha vanskeligst for å gro over med vegetasjon. Over store arealer av larvikittkjelsåsitt-områdene i Oslofeltet finnes det skog i bra vekst der fjellgrunnen er dekt bare av litt forvittringsjord med innblanding av organisk materiale.

En kunne kanskje også tenke seg at topografien direkte viser hvor fjellgrunnen har avgitt mest materiale til moreneavleiringene. Men en regner nå med at de topografiske hovedtrekkene i stor utstrekning var bestemt før siste istid (se f. eks. WERENSKIOLD 1943 s. 233). I denne sammenhengen er det ellers ikke isens utforming av de store trekk i landskapet som interesserer, men dens innflytelse på fordelingen og egenskapene til morenematerialet. Etter undersøkelser fra seinere tid (BARTH 1939) ser det forresten ut til at forvitring i tertiærtida har vært bestemmende for landskapsformene i enkelte trakter.

Ved vurdering av innvirkningen av isen på ulikheter i moreneavleiringenes egenskaper og fordeling, må en være klar over at en ikke uten videre kan bruke samme synsmåtene som ved drøfting av forholdene i de breområdene en har nå. Selv om kjennskapet til avslutningen av istida er mangelfullt, veit en at tilhøvene på flere måter var annerledes den gang Østlandets morenedekker ble til.

Isbevegelsen har vært avgjørende for beliggenhet og egenskaper til endemorener og andre brerandavleiringer. Bevegelsen av isen er på sin side avhengig av topografi og klimaforhold. I denne sammenhengen er det naturligvis formen på selve fjelloverflaten som er av betydning, og ikke jorddekkets overflateform. Som eksempel på innflytelse av lokal-topografiske forhold kan nevnes at en rekke is-

randdannelser i Norge ligger inntil forhøyninger i fjelloverflaten.

I de delene av landet der undersøkelsene er utført, faller retningen av transporten for de store massene av vanlig morenemateriale i alminnelighet bra sammen med retningen for skuringsstripene. Med andre ord synes altså flytningen av morenemasser fra bestemte bergarts-områder å ha noenlunde klar avgrensing mot sidene. Det ser derimot ut til at enkeltsteiner kan være spredd over vidvinklede sektorer. Men det kan i slike høve være mulighet for at en har å gjøre med materiale som er transportert i en annen retning av et tidligere isdekke. I de tilfellene da morenematerialet er blitt til så å si på stedet, blir det selvfølgelig heller ikke snakk om noen transport til sidene. Langs israndavleiringer som hører til Ås-Ski-trinnet, viste det seg å være store variasjoner i sammensetningen av steinfraksjonen, og det var god sammenheng med vekslingene i fjellgrunnen nordafor.

I den såkalte Ås-morenen var mye mer av materialet transportert lang veg enn i det tynne morenedekket som ble undersøkt like nord for Ås-trinnets isranddannelser (se fig. 1). Ved undersøkelser over oscillasjoner av iskanten ville det være naturlig å granske fordelingen av tilført bergartsmateriale. Men disse undersøkelsene er ikke planlagt med tanke på utgreiing av slike spørsmål.

LUNDQVIST (1940) er kommet til at det i stor høyde i terrenget finnes relativt finkornet morenemateriale som er transportert lang veg, mens moreneavleiringene i forsenkningene og ellers på steder som ligger i le, er mer grovkornete. Disse lovmessighetene er utledet særlig på grunnlag av undersøkelse av jorda i Bergslagen. Han har funnet at hans egne tolkinger stemmer med en teori som alt i 1895 er satt fram av Israel C. Russell.

Når en stiller sammen observasjonene fra disse undersøkelsene, kommer en nærmest til det motsatte resultat av det Lundqvist har funnet med omsyn til transportavstandene for morenematerialet i relasjon til høydeforholdene i terrenget. Avleiringene av moreneleire i de lavere traktene over Østlandet står i mange høve i en særstilling og vil bli drøftet særskilt i neste avsnitt. Men ved disse undersøkelsene er det slått fast at det finnes mye grovkornet morenejord i de høyere områdene i Oslofeltet. Det kan f. eks. vises til det grovkornete nordmarkitt-eikeritt-morenematerialet fra Nordmarka, Toten-almeningen og høydedraget mellom Siljan og Lågen-dalføret.

Det viktige resultatet fra undersøkelsene i Bergslagen over forholdet mellom transportavstand og topografi kan altså ikke uten videre

overføres til vårt land. En finner det ellers forståelig at det kompleks av faktorer som har hatt innflytelse på dannelsen av moreneavleiringene, kan ha ført til vesensforskjellige resultater på ulike steder. Ved jamføring med undersøkelsene i Bergslagen må en også være merksam på uttalelser av LUNDQVIST (1940) i retning av at trakter som ligger i le for isstrømmene, kan ha grovt, lite transportert morenemateriale.

Avstanden fra isskillet er fra gammelt tillagt stor vekt når det gjelder spørsmålet om forholdet mellom fordelingen av bergartene i moreneavleiringene og i fjellgrunnen. Hittil har jeg ikke hatt høve til å drive mer omfattende undersøkelser i traktene omkring isskillet. Jeg har derfor ikke nøyere kjennskap til sammensetningen av morenematerialet i disse områdene. Derimot går det fram av det som er nevnt foran, at det finnes autoktone moreneavleiringer i meget stor avstand fra isskillet.

Det er etter dette ingen nødvendig betingelse for dannelsen av autoktone moreneavleiringer at stedet må ligge i nærheten av isskillet. Slik jord er jo funnet langt sørover i landet, altså i distrikter der det ellers finnes tydelige merker etter breframstøt. En oversikt over beliggenheten av forskjellige israndlinjer gir kartet til HOLTEDAHL (1931 s. 128). Et tilsvarende, eldre kart finner en hos ØYEN (1911 s. 17).

LUNDQVIST (1940 s. 38) peker på at en har hatt intraglaciale dødismasser inne i isdekket der det har vært innblandet særlig mye morenemateriale i isen. Ellers er spørsmålet om lokalglaciasjon kommet i en ny stilling etter at VON POST (1938) og CALDENIUS (1942) offentliggjorde sine undersøkelser fra Halland-traktene. Det er viktig å være merksam på disse synsmåtene når en skal prøve å finne ut hvordan morenedekkene i Norge er blitt til. Men jeg er kommet til at forholdet mellom de to forskjellige hovedtypene av grovkornete moreneavleiringer i de traktene som er undersøkt, i alminnelighet ikke kan forklares ut fra noen av disse synspunktene.

I undersøkte områder i Nordmarka og Toten-almeningen viste det seg til dels innafor små arealer å være mosaikklignende fordeling av de to hovedtypene av morenejord. Den mest nærliggende forklaring på fordelingen må være å finne i ulikheter fra sted til sted i mengden av materiale isen har ført med seg, og i evnen fjellgrunnen har hatt til å motstå isens påvirkning. En vil følgelig finne autokton morenejord der isdekket 1) ikke har hatt med seg materiale, og

2) har angrepet og laget lausmateriale av fjellgrunnen.

Spørsmålene om intraglaciale dødismasser og lokalglacijasjon i sin alminnelighet er derimot av stor interesse også i vårt land.

c. Relativ alder til avleiringer av moreneleire.

Det er påvist at det finnes moreneleire i mange av dalførene på Østlandet. I alminnelighet ligger dette morenematerialet lavt i terrenget. Disse avleiringene skiller seg gjerne skarpt ut fra de alminnelige dekkene av mer grovkornet morenemateriale. Det synes påfallende at en finner store masser av moreneleire der dalførene skifter retning så terrenget i noen grad stenger for passasjen nordfra.

I litteraturen kan en finne uttalelser som går ut på at det dannes leirrik jord av finkornete sedimentbergarter. Men dette kan ikke nyttes som forklaring overalt. Under omtalen av mekanisk sammensetning (s. 109 o. ff.) blir det ellers nevnt eksempler på grovkornet morenejord av relativt finkornete bergarter.

Det kan tenkes to vesensforskjellige årsaker til at det finnes særlig finkornete moreneavleiringer på disse stedene i dalførene:

1. Morenematerialet er transportert lengre veg eller på annen måte blitt bearbeidd mer intenst av isen slik at det dermed er blitt mer finpulverisert enn i de tilstøtende traktene.
2. Isen har ved transgresjon blandet inn finkornet, sedimentær jord i det ordinære morenemateriale.

Det er ikke tvil om at det kan dannes moreneleire uten tilføring av sedimentært materiale. Så lenge vi ikke har bedre oversikt over forekomstene av moreneleire, er det vanskelig å komme til klarhet over hvordan de enkelte avleiringene er blitt til. For å avgjøre spørsmålet om det finnes innblanding av sedimenter, blir det også aktuelt å ta i bruk andre undersøkelsesmetoder enn de jeg har nyttet hittil.

Avleiringen av moreneleire i Totenvika skiller seg skarpt ut fra alminnelige morenedekker. Både den store tykkelsen og den markerte avslutningen oppe mot Skreia tyder på at det her er ført fram store lausmasser på en gang. Det har vært mye snakk om at det er funnet fiskeskjeletter i denne leira. KEILHAU (1838) skriver at det er fortalt om funn av fiskefossiler i leirtak ved teglverk i Balke sogn. Selv

har jeg hørt flere historier om funn av fiskeskjeletter. Dersom dette er riktig, ville det jo bestemt peke i retning av at det er innblandet sedimentært materiale i denne moreneleira. Men så lenge det ikke foreligger oppbevarte eksemplarer, kan en ikke stole på slike opplysninger.

Det finnes også moreneleire i lavlandet lenger sørover i Norge. Jeg har ennå ikke utført nærmere undersøkelser over utbredelsen av slikt materiale i disse traktene, men som eksempler kan nevnes at jeg har funnet typisk moreneleire i Ås, på Gjennestad i Stokke og på sørsida av Goksjø i Sandar.¹⁾ På de to siste stedene hører dette lausmaterialet til raet.

Ut fra det resonnementet som er ført foran, blir det også for disse traktene spørsmål om det er innblanding av finkornete sedimenter. Etter iakttagelser jeg har gjort på eiendommen til Norges Landbruks-høgskole, er det nødvendig å ta opp til ny behandling problemet om dannelsesmåten for den såkalte marine moreneleira.

Avleiringene av moreneleire i Nordmarka og Hurdal-traktene ligger påfallende isolert i terrenget. Særlig karakteristiske eksempler på slik beliggenhet har en ved Elgstøa og Hegga. Ved Elgstøa ligger moreneleira på sørsida — i le — av en fjellkolle. Langs elva Hegga ligger det moreneleire i en forsenkning i fjellgrunnen. I den drumlinlignende avleiringen ved Elgstøa når leira like fram i dagen. Men ellers er som regel slik jord dekt av grovere materiale.

Etter grundig prøving av forskjellige forklaringsmåter er jeg kommet til at disse særegne avleiringene i Nordmarka og Hurdal må være eldre enn de alminnelige moreneavleiringene.

Foreløpig vil jeg ikke ta stilling til spørsmålet om hvor mye eldre denne moreneleira er enn de vanlige moreneavleiringene. Jeg regner med at fortsatte undersøkelser vil føre til nye oppdagelser, så en får sikrere grunnlag for å avgjøre om avleiringene er fra et stadium under siste nedising eller de er fra foregående istid.

Problemet om lokalglacijasjon har som nevnt fått ny aktualitet. I denne sammenhengen skal jeg straks peke på at den drumlinlignende leirforekomsten ved Elgstøa ligger på sørsida av fjellkollen. Den har altså hatt god beskyttelse for isdekke som har beveget seg mot sør.

¹⁾ Under kongressen til Nordiske Jordbruksforskernes Forening i Norge 1947 viste jeg moreneavleiringene på de to stedene i Vestfold for deltakere i ekskursjon nr. 5.

Når en på denne måten regner med forekomster av eldre avleiringer, må en følgelig også gå ut fra at det kan finnes innblanding av materiale fra slike lausmasser i de yngste moreneavleiringene.

Spørsmålene om utbredelsen av de forskjellige isdekkene og om aldersforholdet mellom forskjellige lausavleiringer har ofte vært oppe til drøfting i Norge. I denne sammenhengen er det grunn til å merke seg noen av de viktigste hovedtrekkene.

En stor del av norsk plantegeografisk litteratur behandler spørsmålet om plantenes innvandring og spredning etter istida. Botanikerne har i lang tid regnet som avgjort at det under siste istid har vært isfritt land med «overvintrende» planter langs vestkysten av Norge.

Ved geologiske undersøkelser ble det slått fast på et relativt tidlig tidspunkt at det på Jæren fantes avleiringer som var eldre enn den siste istid (BJØRLYKKE 1908). Etter hvert er det med større eller mindre sikkerhet blitt påvist slike gamle avleiringer på flere steder langs kysten.

Det er også lenge siden enkelte forskere meinte å ha påvist avleiringer fra forskjellige nedisinger i de sentrale deler av landet. Andr. M. Hansen har i mange publikasjoner i tidsrommet 1890—1929 hevdet at det i geologisk sett sein tid, har vært en mindre nedising — en «attpåistid». I sitt siste geologiske arbeid (HANSEN 1929) har han samlet sine viktigste hypoteser. Hansens teori om «attpåistida» er ikke blitt alminnelig anerkjent.

P. A. Øyen har i mange publikasjoner framholdt at det var kaldt klima med framrykking av breene i tida for det såkalte *Portlandia*-nivået. Den mest omfattende behandling av spørsmålet gir han i sitt siste arbeid over Trondheimsfeltets kvartærgeologi (ØYEN 1915). Seinere sier han (ØYEN 1924 s. 33) at han er tilbøyelig til å anse *Portlandia*-nivåets periode som en egen istid. HOLTEDAHL (1925) har motbevist en del av Øyens påstander. Men så vidt en kan se av litteraturen, fastholder Øyen også seinere sine oppfatninger. Han sier f. eks. (ØYEN 1925—1926 s. 112) at breranddannelse omkring Jessheim og Hauer-seter hviler på leire «som altså må være eldre og i sin dannelselse tilhøre en tidligere tid enn de bræer som gav anledning dels direkte og dels indirekte gjennom sine bræelver til avsetningen av de store sand-, grus- og rullestensavsetninger.»

STREITLIEN (1935 s. 60—61) omtaler lagdelt leire under morenejord og torv under kvabb i Østerdalen.

De fleste norske geologene går ut fra at mammuten ikke har over-

levd siste istid i Skandinavia. Mammuttennene som er funnet i Norge, regnes dermed for å være av interglacial alder.

STRØM (1943 a, 1943 b) har framholdt at moreneavleiringen i Uldalen i Sel må være eldre enn siste nedising. De berømte jordpyramidene som kalles «Kvitskriuprestinn», er utformet i denne morenejorda. Strøm nevner et par forhold som skulle peke i retning av at avleiringen kan ha ligget igjen fra en tidligere istid. Uldalen har en trang V-form og er ikke preget av iserosjon. De fleste funnene av mammuttenner er gjort i disse traktene.

Ved direkte drøfting av moreneavleiringen i Uldalen legger Strøm vekt på at det ikke er kjent typiske jordpyramider fra andre steder i Skandinavia. Han regner med at utviklingen av pyramidene her er blitt mulig ved at morenemassene er konsolidert fordi det har stått et ekstra langt tidsrom til rådighet (fra nest siste istid). Personlig har jeg hatt vanskelig for å tillegge dette siste argumentet avgjørende vekt når det gjelder spørsmålet om alderen til moreneavleiringen i Uldalen. Tykkelsen av avleiringen, den petrografiske sammensetningen, topografien og klimaet har etter min oppfatning meget stor betydning i denne sammenhengen. Under jordsmonnstudier i disse traktene har jeg sett lignende, men mindre typiske, jordpyramider i Ottadalen.

Spørsmålet om interglaciale avleiringer i de sentrale deler av Skandinavia er ellers kommet i en ny stilling etter funnet av mammutrester ved Pilgrimstad i Jämtland (KULLING 1945). Seinere er det i Sverige også funnet flere avleiringer som en med sikkerhet kan si er av interglacial alder (se f. eks. LUNDQVIST 1946).

III. Undersøkelse av pulverisert bergartsmateriale og morenejord av enkelte bergarter.

1. Kortfattet litteraturoversikt.

Det finnes omfangsrik litteratur om ulike egenskaper hos jord som er blitt til av forskjellige bergarter. Mange av de klassifikasjonssystemer som ble brukt ved inndeling av lausmateriale ved begynnelsen av jordbunnslærens utvikling, hadde nær tilknytning til geologien. Til dels ble det ganske skjematisk satt opp de samme gruppene for jordarter som for bergarter. Slike systemer grunnet seg altså ikke i større utstrekning på undersøkelser, men var for det meste nærmest

omskrivninger for vanlige bergartsinndelinger. Oversikt over systemer for geologisk og petrografisk klassifikasjon av jorda er f. eks. laget av NIKLAS (1930).

I botanisk og forstlig litteratur er det ofte omtalt spesielle jordegenskaper som henger sammen med ulikheter i opphavsmaterialet. Særlig er det skrevet mye om forholdet mellom vegetasjonen og jordas kalktilstand. I mange høve ser det ut til å være nærmest tilfeldige iakttagelser som er gjengitt. Men i enkelte arbeider er det gjort mer planmessige undersøkelser over bestemte egenskaper hos jord av forskjellige bergarter. Utdrag av slik litteratur kan en finne i større lærebøker og handbøker.

I Norge er slike spørsmål berørt i flere av de arbeidene som er nevnt foran (se s. 17 o. f.). Dessuten kan det pekes på andre viktige publikasjoner, f. eks. GAARDER og HAGEM (1921, 1928), GAARDER og GRAHL-NIELSEN (1935) og GLØMME (1932 b). En del avhandlinger om fjellgrunnen er av interesse i denne sammenhengen. Blant undersøkelser over relasjoner mellom fjellgrunnen og vegetasjonen, av interesse for landbruket, kan nevnes arbeidene av KOLDERUP (1898) og NILSEN (1936). I norsk botanisk litteratur fra seinere tid er sammenhengen mellom vegetasjonen og bergartsmaterialet på vokseplassen særlig drøftet av Rolf Nordhagen (se f. eks. NORDHAGEN 1936, 1943). Han stiller dessuten i utsikt seinere å komme med særskilt utgreiing om vegetasjonen på kalkstein, glimmerskifer og fyllitt (NORDHAGEN 1943 s. XIV).

Det er utført en del spesialundersøkelser over mineraler og bergarter med omsyn til egenskaper som er av særlig interesse for jordbunnslåren. En del eldre, viktige arbeider f. eks. av forskere som A. Daubree, F. Cornu og G. Daikuhara blir ofte referert i litteraturen. Undersøkelsene av TAMM (1925, 1929, 1934 a) over forvitring av silikatmineraler er også velkjente.

Fra vårt eget land foreligger det undersøkelser av GOLDSCHMIDT og JOHNSON (1922) over kaliumfrigjøring fra forskjellige mineraler. GOLDSCHMIDT (1928) har også påvist laterittforvitring av anortositt i norsk høyfjell. CHRISTOPHERSEN (1925 s. 502—503) og GLØMME (1928 s. 133) gjengir noen pH-målinger som viser reaksjonsforhold hos enkelte prøver av bergartsmateriale. Totalanalyser av bergarter og mineraler kan også ha interesse i denne sammenhengen. Særlig av Oslofelt-eruptivene er det utført et stort antall totalanalyser (BRØGGER 1933). SCHETELIG (1918, 1928) har vært inne på at det må være bra

tilgang på fosfor for plantene i jord som er blitt til av larvikitt. Undersøkelser over plantenes utnytting av kalium og fosfor i forskjellige mineraler kan også nevnes (CRANNER 1922, SOLBERG 1928, 1933, RETVEDT 1938).

Enkelte publikasjoner av spesiell interesse blir omtalt nærmere under gjennomgåelse av resultater fra egne undersøkelser.

2. *Egne undersøkelser.*

A. *Innleiing.*

Undersøkelsene over forholdet mellom bergartssammensetningen i fjellgrunnen og i morenejorda viste at det finnes autokton, monomikt morenejord selv innafor meget små bergartsområder. Klarleggingen av dette forholdet åpner perspektiver for gransking av innflytelsen av forskjellige jordsmonndannende faktorer. En skulle dermed få sjanse til å jamføre jordsmonn i jordarter av vesensforskjellig opphavs-materiale i trakter der øvrige faktorer som er av interesse, varierer lite. I et land med så sterkt vekslende naturforhold som Norge, blir det dessuten høve til å studere jordsmonnutviklingen i jord av samme slags bergartsmateriale, men på steder med meget store skilnader med omsyn til øvrige faktorer.

Etter dette blir det viktige og nærliggende oppgaver å granske forskjellige bergarter med omsyn til egenskaper av interesse for jordbunns-læren, og å prøve å registrere endringer som foregår ved omdannelse fra fast fjell til jordart og videre til jordsmonn. Ved laboratorieundersøkelse av prøver av forskjellige bergarter og av undergrunnsjord fra moreneavleiringer av samme slags materiale skulle det være mulig å få innblikk i egenskaper og prosesser av betydning for jordsmonn-dannelsen. En må selvfølgelig være merksam på at det kan ha foregått betydelige forandringer i undergrunnsjorda, slik at den nå kan ha andre egenskaper enn det materialet jordsmonndannelsen tok til i.

En del av de undersøkelsene som det er aktuelt å utføre med tanke på teoretiske jordsmonnstudier, kan en også vente direkte gir resultater av verdi for praksis. Som eksempler kan pekes på kjennskapet til innhold, frigjøring og binding av lettoppløselig plantenæring i laus-materiale av forskjellige bergarter.

I det følgende blir det lagt fram resultater fra en del undersøkelser over mekanisk sammensetning av morenejord av to forskjellige

bergartsgrupper, og innhold av ombyttbare katjoner, pH i suspensjoner med vatn og oppløsninger av nøytralsalter, motstandsevne mot reaksjonsforandring og innhold av lettoppløselig fosfor og kalium i prøver av mineraler, bergarter og morenejord.

B. Innsamling av materiale til laboratorieundersøkelser.

Det ble valt ut til undersøkelse en del bergarter eller bergartsgrupper som har stor utbredelse og er meget viktige som opphavs-materiale for morenejord. Fortrinsvis ble det tatt ut prøver av bergarter som tidligere var undersøkt petrografisk. En del prøver av mineraler ble også tatt med. Det ble ellers samlet inn en del materiale av noen meget sjeldne bergarter for å granske bestemte egenskaper hos laus-materiale med heilt særegen mineralsammensetning. Som eksempler på slike bergarter kan nevnes sørkedalitt og lardalitt-rekkens syenitter. Liste over de innsamlete prøvene blir gjengitt nedafor. En del spesielle egenskaper ved bergartene blir nevnt under gjennomgåelse av analyse-resultatene.

Ved uttaking av bergartsprøvene ble det i alminnelighet banket laus mange steinstykker fra fjelloverflaten, og deretter tatt ut mindre bruddstykker av disse til en prøve. På denne måten skulle en sikre seg representative prøver selv om det var betydelig variasjon i materialet. Det ble lagt vekt på at steinstykkene skulle ha heilt frisk bruddflate, uten tegn på forvitring.

Når prøvene er tatt fra områder som er kartlagt i seinere tid, blir det i regelen brukt de samme bergartsnavn som på det geologiske kartet. Er det seinere innført andre navn i litteraturen, blir gjerne de nyeste bergartsbetegnelsene brukt. For å sikre riktige bergartsbestemmelser og uttaking av typiske prøver ble det som regel tatt et overblikk over bergartene i området før prøven ble tatt ut. Det er ellers gjort jamføringer med prøver i geologiske samlinger, og i enkelte høve er det også utført mikroskopering.

Bergartsmaterialet ble pulverisert ved Statens Råstofflaboratorium. Det ble brukt sikt med maskevidde 0,088 mm. Under finknusingen ble materialet med korte mellomrom ført over på sikten så de minste partiklene etter hvert ble skilt fra. Dermed skulle en sikre seg at partiklene ble noenlunde like store, med diameter nær opp mot 0,088 mm.

Det er videre samlet inn prøver av flere forskjellige morenejordarter. Men i det følgende vil bare morenejord av et par bergartsgrupper bli behandlet nærmere.

Alle moreneprøvene er tatt fra undergrunnsjorda. For å sikre at en virkelig fikk materiale av såkalt uforvitret undergrunn, ble prøvene alltid tatt av jord som lå i betydelig dybde under profilets B-sjikt. Ikke i noe tilfelle er det tatt prøver fra mindre dybde enn ca. 1 m, og i alminnelighet er materialet tatt i mye større avstand fra jordoverflaten. De aller fleste prøvene tok jeg ut selv da jeg holdt på med undersøkelsen over forholdet mellom bergartssammensetning i fjellgrunnen og i morenejorda.

C. Liste over undersøkte prøver.

a. Bergarter og mineraler.

- B. 1. Gneisgranitt. Ved Skoglefall, Nesodden. I ruten 12—13×5—6 på kartet til BROCH (1926).
- B. 2. Larvikitt-kjelsåsitt. Ved vegen ca. 2,5 km nord for Kjelsås, Sørkedal.
- B. 3. Rombeporfyr, Rp. 13 med kalkspatfylte blærerom. Mellom Kjelsås og Pipenhus, Sørkedal.
- B. 5. Albittgneis. Nesodden. I ruten 22—23×3—4 på kartet til BROCH (1926).
- B. 6. Leptittisk gneis. Nesodden. Ca. 10×9,8 på kartet til BROCH (1926).
- B. 7. Distengneis. Nesodden. Ca. 6×11,7 på kartet til BROCH (1926).
- B. 8. Biotittskifer. Nesodden. Gang i distengneis. Ca. 6×11,7 på kartet til BROCH (1926). (Ikke avsatt på kartet.)
- B. 9. Augittbasalt (Essexittmelafyr). I vegskjæring ca. 0,5 km nord for Movatn stasjon.
- B. 10. Nordmarkitt. Fra vassledningsgrøft ved vegen i nordkanten av jordet på Bonna, Nordmarka.
- B. 11. Larvikitt. Vegskjæring ved Kopa, Lardal.
- B. 12. Granitt. Forsberg steinhoggeri, nordøst for Greåker stasjon.
- B. 13. Nordmarkitt. Ved Hammaren, Maridal.
- B. 14. Rombeporfyr, Rp. 1. Ved det trigonometriske punkt på Kolsås, Bærum.
- B. 15. Kjelsåsitt, usedvanlig grovkornet. Kjelsås, Sørkedal.

- B. 16. Sandstein, rødlig. Under Oslofelt-eruptivene. Steinbrudd ovafor Kolsås stasjon.
- B. 17. Fyllitt, med kvartsårer. Vegskjæring nordvest for husene på forsøksgården Løken, Øystre Slidre.
- B. 18. Fyllitt. Skiferbrudd i Rogne, Øystre Slidre.
- B. 19. Fyllitt, med kvartsårer. Brønn ovafor husene på forsøksgården Løken, Øystre Slidre.
- B. 20. Rombeporfyr, Rp. 13 med kalkspatfylte blærerom. Vegskjæring like nord for Pipenhus, Sørkedal.
- B. 21. Rombeporfyr, Rp. 1. Ved stien vest for Sten kafé, Bærum.
- B. 22. Kjelsåsitt, usedvanlig grovkornet. Kjelsås, Sørkedal.
- B. 23. Granitt, noe presset. Jernbaneskjæring ved Tangen stasjon.
- B. 24. Nordmarkitt. Vegskjæring like sør for gården Sandungen, Nordmarka.
- B. 25. Larvikitt-kjelsåsitt. Gammelt steinbrudd nord for vatnet Store Daltven, vest for Stryken stasjon.
- B. 26. Larvikitt-kjelsåsitt. Ca. 3 km sør for Langlia, Nordmarka.
- B. 27. Nordmarkitt. Vegskjæring ca. 0,5 km nord for Tryvass-stua, Nordmarka.
- B. 28. Rombeporfyr, Rp. 13 uten blærerom. Ca. 0,5 km vest for Sørkedal kapell.
- B. 29. Rombeporfyr, Rp. 14. Vegskjæring i dalsida øst for Sørkedal kapell.
- B. 30. Nordmarkitt. Vegskjæring, ca. 0,5 km nord for sørøstenden av Skjærstjøen, Nordmarka.
- B. 31. Kvartsittisk skifer med stort glimmerinnhold. Lys grågrønn tåkskifer fra Kyte skiferbrudd, Voss.
- B. 32. Rød sparagmitt. Ved Gørrsildbekken, nord for Ulvbrua, ved Ulvsjøberget, Søre Osen, Trysil.
- B. 33. Kvartsitt. Sørvest for toppen av Ulvsjøberget, Søre Osen, Trysil.
- B. 34. Augittbasalt (Essexittmelafyr). Vegskjæring ved Sten kafé, Bærum.
- B. 35. Granitt. Steinbrudd midtvegs mellom Tune kirke og Greåker stasjon.
- B. 36. Fyllitt. Brønn ovafor forsøksgården Løken, Øystre Slidre.
- B. 37. Fyllitt. Hustomt på Vindingstad, Øystre Slidre.
- B. 38. Mikroklin, med en del glimmerskjell. Elnes, Degernes.
- B. 39. Mikroklin. Stryker gruve, Degernes.
- B. 40. Mikroklin. Løvrak, Arendal.

- B. 41. Muskovitt. Topp gruve, Degernes.
- B. 42. Kvarts, med en del serisitt. Stryker gruve, Degernes.
- B. 43. Kvarts, med en del serisitt. Skjerp ved Titterud, Degernes.
- B. 44. Eikeritt. Vegskjæring ca. 0,1 km sørvest for kapellet i Skrukkelia, Hurdal.
- B. 45. Biotittskifer, med granat- og feltspatinnhold. Amfibolittgang i steinbruddet i Åkebakkeskogen, Norges Landbrukshøgskole, Ås.
- B. 46. Augittbasalt (Essexittmelafyr), med små og spredte augittinnsprengninger og enkelte blærerom med kalkspat. Bratt fjellvegg i sørkanten av Skaugumåsen, nord for Billingstad stasjon.
- B. 47. Kwartssandstein («Blåkvarts»). Fjellskjæring i Tobergsvingen, Sør-Aurdal.
- B. 48. Augittbasalt (Essexittmelafyr), med små augittinnsprengninger. Vegskjæring nord for Krosseren, Jeløya.
- B. 49. Augittbasalt (Essexittmelafyr), med tett av store augittinnsprengninger. Fjellvegg vest for Krosseren, Jeløya.
- B. 50. Sørkedalitt. Fra vegfylling like nedafor Kjelsås, Sørkedal.
- B. 51. Lardalitt. Ca. 0,1 km nordvest for nordre Lauve, Hedrum.
- B. 52. Foyaitt. Ca. 1 km vest for Kvelde kirke, Hedrum.
- B. 53. Muskovitt. Glimmerbruddet i skogen til nordre Høymyr, Flesberg.
- B. 54. Amfibolitt, med innhold av granat og biotitt. Vegskjæring ca. 0,2 km nord for Bekkevoll, Ås.
- B. 55. Amfibolitt, rik på biotitt. Steinbruddet nord for Fosterud, Ås.
- B. 56. Gråsvart leirskifer, etasje 2. Fra laussprengt masse fra byggetomtene øst-nordøst for Geologisk Museum, Tøyen.
- B. 57. Gråsvart leirskifer, som B. 56, men med enkelte rustflekker. Fra laussprengt masse fra byggetomtene nordøst for Geologisk Museum, Tøyen.
- B. 58. Fyllitt. Skiferbruddet ovafor Sagmoen, Meråker.
- B. 59. Sørkedalitt. Tunnelen ved Kjelsås, Sørkedal.
- B. 60. Amfibolitt. Tomta til uthusbygningen på Norges Landbrukshøgskole, Ås.
- B. 61. Muskovitt. Prøven mottatt fra preparant A. Granli, Geologisk Museum, Oslo. Finnestedet ikke oppgitt.

- B. 62. Biotittskifer med enkelte kvartslinser. Prøven mottatt fra preparant A. Granli, Geologisk Museum, Oslo. Finnestedet ikke oppgitt, men sannsynligvis gang i grunnfjellet.
- B. 63. Mikroklin. Prøven mottatt fra preparant A. Granli, Geologisk Museum, Oslo. Finnestedet ikke oppgitt.

b. Morenejord.

I et eget avsnitt blir den mekaniske sammensetningen av forskjellige typer av morenejord drøftet. Her blir bare tatt med de hovedbetegnelse for sammensetningen som ble notert da de enkelte prøvene ble tatt ut.

Ved gradering av bergartssammensetningen blir det brukt tre forskjellige betegnelser. Når det oppgis at det er morenejord av en bestemt bergart eller bergartsrekke, menes det at en har å gjøre med monomikt morenejord av bergarten i fjellgrunnen på stedet. For å få mer definisjonsmessig avgrensning kan en si at det er mindre enn ca. 1 % materiale av fremmede bergarter, og videre skulle ikke det innblandete materialet ha noen stor evne til å bestemme viktige egenskaper hos avleiringen. I denne gruppen kommer altså bare avleiringer uten noen innblanding, og avleiringer der det finnes et ørlite innslag av indifferent bergartsmateriale. Når det er oppgitt at morenejorda er «nesten bare av» en bestemt bergart, kan det være oppover til 4—5 % innblanding av tilført bergartsmateriale. Brukes betegnelsen «vesentlig av», kan en regne med opptil 10 % innblanding. Det gjelder også for de to siste gruppene at det ikke er tatt prøver fra morenejord med innblanding av materiale som har stor evne til å prege viktige egenskaper hos avleiringene. Således er det altså ikke kalkstein eller nevneverdige mengder skifer i det materialet av Oslofelt-eruptiver som er med i disse undersøkelsene. Stedene for prøvetakinga er valgt slik at en skulle ha godt grunnlag for å dømme om opphavsmaterialet for finjorda etter undersøkelse av steinfraksjonen.

- M. 4. Morenegrus, vesentlig av nordmarkitt. Fra vassledningsgrøft ved vegen i nordkanten av jordet på Bonna, Nordmarka.
- M. 6. Morenesand av svart leirskifer. Brønn ved Narum, Kolbu.
- M. 8. Morenegrus, vesentlig av nordmarkitt-eikeritt. Sørensen av vatnet Skillingen, vest for Stryken stasjon.
- M. 9. Morenegrus, nesten bare av larvikitt. Ved vegen ca. 2 km sør for Langlia, Nordmarka.

- M. 10. Morenegrus av fyllitt. Brønn ved vegen ca. 1,5 km sør for Hegge kirke, Øystre Slidre.
- M. 11. Morenegrus av fyllitt. Fylltak ca. 1 km sør for Hegge kirke, Øystre Slidre.
- M. 12. Morenesand, vesentlig av fyllitt. Ved stien ca. 0,2 km øst for Tinden, Løken, Øystre Slidre.
- M. 13. Morenegrus av fyllitt. Hustomt på Smestad, Rogne, Øystre Slidre.
- M. 15. Morenesand, vesentlig av grå leirskifer og sandstein. Vegskjæring ved innkjøringa til Gårder, Vestre Toten.
- M. 16. Morenesand, vesentlig av gråsvart leirskifer. Brønn ved Tåsås, Vestre Toten.
- M. 17. Morenegrus, vesentlig av fyllitt. Brønn oppunder Ålenhøgda, Rogne, Øystre Slidre.
- M. 18. Morenegrus av fyllitt. Like nordafor Heggnes, Øystre Slidre.
- M. 19. Morenegrus av fyllitt. Hustomt ved vegskillet til Røyne, Øystre Slidre.
- M. 20. Morenegrus av fyllitt. Hustomt på Østlund, Rogne, Øystre Slidre.
- M. 21. Morenegrus av fyllitt. Brønn ved Østlund, Rogne, Øystre Slidre.
- M. 22. Morenegrus, vesentlig av nordmarkitt-eikeritt. Vegskjæring ca. 0,2 km øst for Øyangen, Hurdal.
- M. 24. Morenegrus, vesentlig av nordmarkitt-eikeritt. Skjæring i Jeppe-dalsvegen, ca. 1 km ovafor hovedvegen, Hurdal.
- M. 37. Morenegrus, nesten bare av nordmarkitt. Fylltak ved vegen mot Torget, ca. 0,2 km sør for grensa mellom Oslofeltet og grunnfjellet, Kolbu.
- M. 38. Morenesand av svart leirskifer. Hustomt ved vegen ca. 1 km sør for Lena stasjon, Kolbu.
- M. 39. Morenegrus, vesentlig av nordmarkitt. Ved vegen ca. 0,1 km nord for vatnet Store Åklungen, Nordmarka.
- M. 40. Morenegrus, vesentlig av nordmarkitt. Vegskjæring ca. 0,5 km nord for Ullevålseter, Nordmarka.
- M. 41. Morenegrus, vesentlig av nordmarkitt. Ved vegen ca. 0,5 km øst for Østre Aretjern, Nordmarka.
- M. 42. Morenegrus, nesten bare av nordmarkitt. Ved vegen ca. 0,3 km vest for Kikutstua, Nordmarka.

- M. 44. Morenegrus, vesentlig av nordmarkitt. Skjæring ved elva ved østenden av Bjørnsjøen, Nordmarka.
- M. 45. Morenesand av fyllitt. Ved vegen ca. 0,2 km ovafor Tyholt, Meråker.
- M. 54. Morenegrus, vesentlig av nordmarkitt. Ved vegen ved sørøstenden av Svartvatn, Nordmarka.
- M. 55. Morenegrus, vesentlig av nordmarkitt-eikeritt. Fylltak ved vegen ovafor Nyseter, vest for Stryken stasjon.
- M. 56. Morenegrus av nordmarkitt-eikeritt. Monsrudvika grustak, nordveggen. Ca. 2 km nord for Stryken stasjon.
- M. 57. Morenegrus, vesentlig av nordmarkitt-eikeritt. Ved vegen på østsida av jernbanelinjen ca. 2 km sørøst for Bjørgeseter stasjon.
- M. 58. Morenegrus av eikeritt. Ved vegen ca. 1 km vest for brua over Kopa, Lardal.
- M. 59. Morenegrus, nesten bare av eikeritt. Ved vegen ca. 1,5 km vest for vegskillet ved Løvås, Lardal.
- M. 60. Morenegrus, vesentlig av nordmarkitt. Fylltak ved Kalven, Nordmarka.
- M. 61. Morenegrus, nesten bare av nordmarkitt. Ved vegen ca. 1 km sør for Kalven, Nordmarka.
- M. 68. Morenegrus av fyllitt. Ved Tyin-vegen, ca. 0,2 km ovafor Høgeset seter, Vang i Valdres.
- M. 69. Morenegrus, vesentlig av fyllitt. Ved vegen ved Ulnes, Nord-Aurdal.
- M. 70. Morenesand, vesentlig av fyllitt. Ved vegen mellom Ulnes og Tisleifjorden, ca. 2 km sør for Fjellstølen, Nord-Aurdal.
- M. 71. Morenegrus, nesten bare av fyllitt. Ved vegen mellom Ulnes og Tisleifjorden, ca. 0,5 km nord for Liaset seter, Nord-Aurdal.
- M. 74. Morenegrus av nordmarkitt-eikeritt. Monsrudvika grustak, vestveggen. Ca. 2 km nord for Stryken stasjon.

D. Analysemetoder.

En del av de kjemiske analysene er utført ved Statens Landbrukskjemiske Kontrollstasjon og Frøkontroll i Trondheim. Resten av analysene har jeg enten utført personlig eller fått gjort under min daglige ledelse. Ved innsending av prøvene til Kontrollstasjonen i Trondheim har jeg bedt om å få gjennomført analyseringen etter bestemte metoder, men jeg har selvfølgelig ikke kjennskap til de minste detaljene ved

analysearbeidet. I det materialet som legges fram her, er bestemmelsene av kalsiumkarbonat, ammoniumklorid-oppløselig kalsium, ombyttbare metallkatjoner og lettoppløselig fosfor og kalium utført ved Kontrollstasjonen i Trondheim.

Prøvene av morenejord ble, som vanlig, siktet gjennom 2 mm sikt før det ble utført kjemiske analyser.

Ved måling av pH ble det brukt glasselektrode. Det ble benyttet røjonometer fra firmaet Radiometer i København. Før apparatet ble tatt i bruk, ble det alltid justert over for to pufferoppløsninger med stor forskjell i pH. Mens arbeidet med målingene foregikk, ble apparatet stadig kontrollert med pufferoppløsningene. Til kontroll fikk jeg også av og til utført pH-bestemmelser i noen av de samme prøvene på andre apparater.

De aller fleste pH-bestemmelsene ble utført i forbindelse med titreringsundersøkelser og måling av nøytralsalt-oppløsningers innflytelse på reaksjonen. Det ble da brukt mengdeforholdet 1 g lufttørt materiale til 10 ml væske. Prøvene var på forhånd lagret i lang tid i et værelse med noenlunde konstant, lav luftfuktighet. Ved tørrstoffbestemmelse i en del av prøvene av bergartsmateriale og morenejord av nordmarkitt-eikeritt og fyllitt viste det seg at innholdet av vatn alltid lå under 1 %. I alminnelighet er det brukt 2,5 g materiale ved pH-bestemmelsene.

Ved avlesing av pH ble det rundet av til nærmeste fem-hundredels enhet.

Mange av målingene er utført i det alkaliske området på pH-skalaen, og en del i ganske konsentrerte saltoppløsninger. For å motvirke for rask ødelegging av glasselektroden ble den spylt med store vassmengder etter hver måling, og til dels ble den oppbevart i syreoppløsning når den ikke var i bruk.

Ved titreringsundersøkelsene ble det utført parallellbestemmelser for de aller fleste prøvene merket B og for en del av de andre prøvene. Det er tatt kontrollmålinger for mange av prøvene ved bestemmelse av pH i saltoppløsninger. De to målingene ble utført til forskjellig tid, slik at eventuelle feil under analysearbeidet lettere skulle bli oppdaget. Innveing av materiale og avmåling av syre- og lutoppløsningene er gjort med stor nøyaktighet, og de to bestemmelsene har derfor som regel stemt meget godt overens. Når det har vært større avvikelser, er det foretatt nye målinger.

Det ble brukt tilsetning av saltsyre og natriumhydroksyd for å få

fram endringer i H-jonkonsentrasjonen. Flaskene ble rystet godt opp for hånd ca. 10 ganger og pH-målingene utført 2 døgn etter elektrolytt-tilsetningen. Ved bestemmelse av pH i saltoppløsninger ble målingene gjort etter bare 1 døgn. I enkelte høve har det vært mindre god overensstemmelse mellom pH i vatn i de to seriene av analyser.

Innholdet av karbonater er blitt bestemt etter en framgangsmåte som er utarbeidd av JENSEN (1936).

«Klorammonium-oppløselig kalk» ble bestemt etter den metoden som i lang tid er brukt ved Statens landbrukskjemiske kontrollstasjoner (BRAADLIE [1946]: «Analysemetoder for jord . . .»). Det brukes her 10 % oppløsning av ammoniumklorid, og mengden av oppløst kalsium beregnes som % CaO.

Innholdet av ombyttbart kalsium, magnesium, kalium og natrium ble bestemt etter den metoden som er offentliggjort av JENSEN (1936). (Se også BRAADLIE 1937 og DAMSGAARD-SØRENSEN 1941). Ved denne framgangsmåten ekstraheres jorda på filter med 1 molær (1 m.) oppløsning av NH_4Cl . I noen tilfelle viste det seg å være særlig stort innhold av jern og kopper i filtratet, og da ble også mengdene av disse stoffene bestemt. Stoffmengdene oppgis i milligramekvivalenter (m. e.) pr. 100 g lufttørt materiale.

Innholdet av lettoppløselig fosfor ble bestemt etter Egnér's metode (EGNÉR, KÖHLER und NYDAHL 1938). Laktattallet angir mengden av oppløst fosfor som mg P_2O_5 pr. 100 g lufttørt materiale.

Letttoppløselig kalium ble bestemt både etter EGNÉR's (1940) monokloreddiksyre-metode (M-tall) og etter RIEHM's (1943) tillempning av Egnér's laktatmetode for fosforbestemmelse. Dessuten kommer kalium med ved bestemmelse av de ombyttbare metallkationene.

Det er utført en del mekaniske analyser. I hovedtrekkene er framgangsmåten til TAMM (1934 b) fulgt, men det er brukt de samme tider for sedimentasjon som han har anvendt i et seinere arbeid (TAMM och WADMAN 1945). Forbehandlingen av prøvene er utført etter metode A, foreslått av Det Internasjonale Jordbunnsrådeselskap, og det er brukt oppløsning av natriumhydroksyd i stedet for ammoniakk ved dispergering av materialet (ROBINSON 1934). Gjennomføring av så omhyggelig forbehandling ble brukt fordi disse prøvene ble analysert samtidig med en del jordsmonnprøver som var vanskelige å dispergere.

E. Resultater av undersøkelserne.

a. Mekanisk sammensetning.

Av omsyn til drøfting av de kjemiske egenskapene hos prøvene av morenejord, er det ønskelig først å ha en oversikt over den mekaniske sammensetningen.

I tabell 33 er gjengitt resultater av mekaniske analyser av materiale mindre enn 2 mm. Øverst i tabellen er plasert prøvene fra morenejord av nordmarkitt-eikeritt med nærstående syenitter i Oslofeltet, og nederst prøvene av fyllitt og leirskifer.

Tabell 33.

Mekanisk sammensetning av prøver av morenejord.

Prøve nr.	% av materialet < 2 mm						
	2,0—0,6 mm	0,6—0,2 mm	0,2—0,06 mm	0,06— 0,02 mm	0,02— 0,006 mm	0,006— 0,002 mm	< 0,002 mm
M 8	41,8	31,5	11,6	8,7	3,3	1,6	1,5
M 22	21,6	37,8	22,9	9,2	4,5	1,3	2,7
M 24	26,4	40,4	13,4	6,6	5,9	2,1	5,2
M 37	27,9	21,4	18,2	11,6	9,0	6,7	5,2
M 40	29,0	33,9	15,1	10,6	5,1	2,5	3,8
M 56	34,7	27,3	16,7	8,5	8,2	2,1	2,5
M 58	17,2	28,4	32,4	13,9	5,7	0,9	1,5
M 61	35,4	31,2	16,4	8,0	5,6	1,5	1,9
M 11	31,5	26,1	9,2	8,0	12,6	8,1	4,5
M 13	23,5	23,4	12,0	14,9	15,8	6,5	3,9
M 18	29,6	28,7	13,2	8,0	11,7	5,3	3,5
M 20	27,1	27,9	14,1	12,0	10,7	5,1	3,1
M 38	20,2	29,7	24,2	8,7	6,2	2,2	8,8
M 68	38,9	24,1	9,5	9,0	10,9	4,4	3,2
M 69	26,3	28,0	13,6	12,8	11,5	5,1	2,7
M 70	13,2	19,7	14,3	16,3	18,0	8,0	10,5
M 71	23,5	22,5	13,4	14,2	12,6	6,8	7,0

Som en kunne vente, er det en del variasjon i den mekaniske sammensetningen også innafor hver av de to gruppene av prøver. M 24 og M 37 skiller seg ut med et noe større leirinnhold enn de andre prøvene i første gruppen. Morenejorda som M 24 ble tatt fra, bar i større utstrekning preg av transport enn avleiringene der de 7 andre prøvene ble tatt ut. Det relativt store innholdet av leire i M 37 er vanskeligere å forklare, da denne prøven er tatt fra en avleiring der bare en ubetydelig del av materialet kan være transportert nevneverdig.

Men f. eks. tidligere forvitring i fjellgrunnen kan tenkes å være årsak til at innholdet av fint materiale i morenejorda er blitt forholdsvis stort. I M 58 er innholdet i fraksjonen 2,0—0,6 mm påfallende lite, men stein- og blokkinnholdet i denne morenejorda er så stort at det var svært vanskelig å få tatt ut en representativ prøve (se fig. 19, s. 118).

I siste gruppen skiller M 38 seg ut. Dette er en prøve av jord av leirskifer, så en måtte på forhånd vente at den har noe avvikende egenskaper, jamført med fyllittmorenejorda. Videre har M 70 og 71 stort leirinnhold. De er tatt innfor store fyllittområder, og jeg hadde inntrykk av at materialet i morenejorda på disse to stedene var transportert forholdsvis langt.

Gjennomsnittene for alle prøvene i første gruppe og for de 8 prøvene av fyllittmorenejord er vist i fig. 16. Ved en særskilt undersøkelse over forbehandling av jordprøver for mekanisk analyse viste det seg at en ved den framgangsmåten som er brukt her, kan få for høye tall for de fineste fraksjonene. Særlig risikerer en å få for mye finpartikler av materiale av blaute leirbergarter. I noen grad kan det bli for høye tall også for fyllittmateriale. Men forholdet har neppe større innflytelse på disse tallene. Resultatene av denne metodegranskningen blir offentliggjort i en særskilt publikasjon.

Innholdet av leire ($< 0,002$ mm) er lite i begge gruppene. I Sverige (EKSTRÖM 1943 s. 241) regnes jord med mindre enn 2 % leire til gruppen leirfri jord, og etter det samme klassifikasjonsskjemaet har svakt leirholdig jord 2—5 % leire. Det går ikke entydig fram hva disse prosenttallene refererer seg til, men på min forespørsel har Ekström vært så elskverdig å opplyse at tallene for leirinnholdet gjelder materialet mindre enn 2 mm. De fleste prøvene i tabellen foran hører etter dette til gruppen svakt leirholdig jord.

Det er liten forskjell i leirinnholdet mellom prøvene av morenejord av Oslofelt-eruptiver på den eine sida og fyllitt på den andre. Dersom en bare tar med prøvene fra de mest utpreget «stedegne» moreneavleiringene blir skilnaden enda mindre.

I norsk litteratur finner en flere steder uttalelser i retning av at morenejord som er blitt til av skifermateriale, må ha et stort leirinnhold. Men både ved mekaniske analyser og ved feltiakttagelser på et stort antall steder i fyllitt-traktene og i Oslofeltets kambrosilur-område er jeg kommet til at jord av slikt materiale ofte kan være fattig på leire.

Innholdet av såkalt grovleire er betydelig større i prøvene av jord

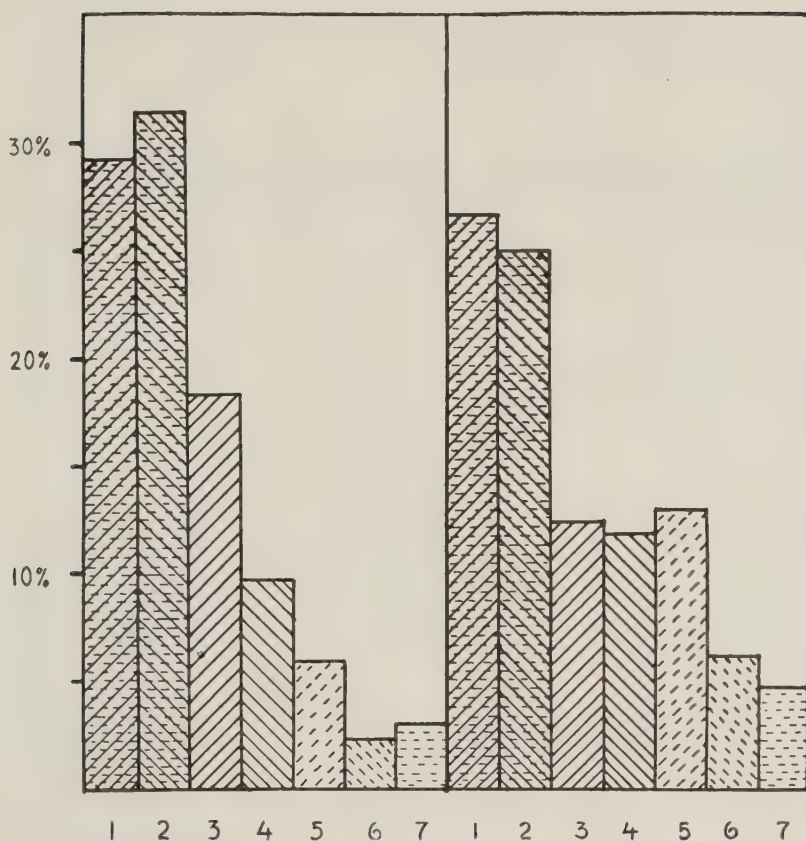


Fig. 16. Gjennomsnittlig mekanisk sammensetning av prøvene av morenejord av nordmarkitt-eikeritt (til venstre) og fyllitt (til høyre). 1): 2,0 — 0,6 mm, 2): 0,6 — 0,2 mm, 3): 0,2 — 0,06 mm, 4): 0,06 — 0,02 mm, 5): 0,02 — 0,006 mm, 6): 0,006 — 0,002 mm, 7): < 0,002 mm.

av fyllitt enn i prøvene av jord av Oslofelt-eruptiver. Det går fram av tabellene at disse skilnadene er statistisk sikre. I fraksjonen 0,06—0,02 mm er det igjen mindre forskjell. Behandler en derimot alle fraksjonene mindre enn 0,06 mm under ett, finner en statistisk sikker skilnad mellom de to gruppene.

For vurdering av næringstilstanden hos morenejorda er det viktig å kjenne innholdet av leire (< 0,002 mm). Men når det gjelder så viktige egenskaper som forholdet til vatn, spiller mengden av alt materiale mindre enn 0,06 mm en avgjørende rolle i slike avleiringer. Innholdet i de 4 fineste fraksjonene tilsammen er henimot dobbelt så stort i prøvene av fyllittmorenejord som i prøvene av morenejord av

Oslofelt-eruptiver. Regner en bare med materialet under 0,02 mm, er forskjellen enda mer utpreget.

Tabell 34.

Forholdet mellom differensen og middelfeilen på differensen for forskjellige fraksjoner. Gjennomsnittene for prøvene av fyllittmorenejord minus gjennomsnittene for prøvene av morenejord av nordmarkitt-eikeritt.

	D	m(D)	Z = D/m(D)
< 0,002 mm	1,8	1,1	1,6
0,006—0,002 »	3,8	0,8	4,8
0,02 —0,006 »	7,1	1,1	6,5
0,06 —0,02 »	2,3	1,4	1,6
< 0,06 »	14,9	3,6	4,1

Men morenejorda er ikke karakterisert fullt ut med omsyn til den mekaniske sammensetningen fordi om en kjenner mengdeforholdet mellom materialet i fraksjonene under 2 mm. I mange høve utgjør dette fineste materialet mindre enn halvparten av heile morene-avleiringen.

I de publiserte analyseresultatene for den mekaniske sammensetningen av norske jordprøver finnes det ofte tall også for innhold av materiale over 2 mm. Dels er det oppgitt særskilt hvor stor del av prøven er henholdsvis over og under 2 mm, og den prosentiske fordelingen av materialet på de forskjellige fraksjonene under 2 mm er deretter regnet ut for seg. Men i de fleste tilfellene er det gjengitt bare en enkelt prosentutregning, slik at tallet for materialet større enn 2 mm sammenlagt med prosenttallene for alle de øvrige fraksjonene, blir 100.

Det finnes som regel ikke inndeling eller nøyaktig opplysning om maksimaldiameteren for materialet over 2 mm. Bare for om lag 25 prøver av morenejord har jeg funnet bestemte opplysninger om avgrensingen. Til dels står det at prosenttallet gjelder grus og stein, ofte er det oppgitt å være «grus (> 2 mm)» og i mange høve er det bare nevnt at tallet gjelder materiale over 2 mm.

Det går altså ikke klart fram hva disse tallene for det groveste materialet refererer seg til, når en ser bort fra de ca. 25 prøvene som er nevnt ovafor. Men så vidt jeg kan forstå, må tallene for denne groveste fraksjonen ganske enkelt angi den delen av jordprøvene som ikke pas-

serer 2 mm sikten. Når prøvene skriver seg fra avleiringer med partikler av alle størrelser oppover til steiner og blokker, må resultatet bli svært avhengig av hvordan arbeidet med prøvetakinga er utført.

Med tanke på å studere nærmere fordelingen av materiale med forskjellige kornstørrelser fikk jeg laget to nye sikter med henholdsvis 6 mm og 20 mm runde åpninger. Første gangen jeg brukte disse siktene, viste det seg at alle moreneprøvene jeg hadde tatt ut inntil da, i sin heilhet passerte 20 mm sikten. For mange av prøvene var det dessuten lett å se at de største gruskornene var betydelig mindre enn åpningene i sikten. Etter dette var det klart at analyse av disse prøvene ikke kunne gi riktige tall for det relative innholdet av grus (2—20 mm) i de moreneavleiringene prøvene var tatt.

I de fleste tilfellene var materialet tatt ut i skjæringer med spade og planteskje. Størrelsen av prøvene varierte for det meste mellom 0,5 kg og 3,0 kg. Ved frasortering av det groveste materialet under prøvetakinga hadde jeg altså satt grensa for lavt.

For å få noenlunde sikre bestemmelser av grusinnholdet er det nødvendig å ha forholdsvis store prøver. Vekten av de største kornene som så vidt passerer 20 mm sikten, er avhengig av formen på bruddstykkene, og derfor varierer den noe for jord av forskjellige bergarter. De største gruspartiklene er f. eks. som regel lettere i morenejord av fyllitt enn i morenejord av Oslofelt-eruptiver. Regner vi med en vekt på 6 g, vil en enkelt av disse partiklene utgjøre ikke mindre enn 1 % av en prøve på 600 g.

Hittil har jeg ikke fått utført bestemmelse av grusinnholdet i noe stort antall prøver. Men i det lausmaterialet av Oslofelt-eruptiver jeg har analysert, har i alminnelighet grusfraksjonen dominert. Mange av prøvene av fyllittmorenejord har også hatt størst innhold av grus. I noen av disse prøvene har det vært mest grov sand (2,0—0,2 mm). Men det er jo fortrinsvis autoktone avleiringer jeg har undersøkt. Når materialet er transportert lengre veg, finner en som regel et mindre innhold i de groveste fraksjonene.

Det har vært i bruk forskjellige metoder for bestemmelse av innholdet av steiner og blokker i jorda. Den mest nærliggende framgangsmåten er å skille også de grovere fraksjonene fra hverandre ved hjelp av sikter, og å bestemme mengdene ved veing. Men det måtte behandles store jordmengder for å få riktige resultater, og i avleiringer med grove blokker er det jo teknisk umulig å gjennomføre slike undersøkelser. Malmgård (e. Redogörelse . . . 1937) har innført en metode

med «prøvedyrking». Jorda graves opp til 30 cm dybde på ruter på 1 m², steiner og små blokker plukkes ut og legges opp og volumet av steinhaugen bestemmes. Framgangsmåten er først og fremst tatt i bruk ved vurdering av jord til oppdyrking. Steininnholdet i det øverste 30 cm tykke laget er jo av særlig interesse i denne sammenhengen. Men oppfrysning av steiner, bortspyling av finpartikler og forvitring av grovt materiale kan føre til at det blir et heilt annet innhold av steiner og blokker i overflatelaget enn ellers i avleiringen. Tidligere har jeg gjengitt enkelte resultater fra undersøkelser etter denne metoden (LÅG 1947 b), og nevnt eksempel på eksepsjonelt stort steinnhold i det øverste laget.

For bestemmelse av stein- og blokkinnholdet i moreneavleiringer har jeg prøvd meg fram etter et annet prinsipp. I skjæringer har jeg direkte målt opp hvor stor del steiner og blokker på den eine sida og finere materiale på den andre, utgjør av heile flaten. Samtidig har jeg prøvd å bedømme hvilken gruppe hvert enkelt av disse grove bergartsbruddstykkene ville ha kommet i hvis det var blitt utført sikting. Framgangsmåten under arbeidet har heilt enkelt vært at jeg har målt langs parallelle linjer i skjæringen hvor mange cm faller henholdsvis på materiale større og mindre enn 2 cm, og for hver stein eller blokk har jeg gjort notater om størrelsen. Den høveligste avstanden mellom linjene, og den nødvendige størrelsen av arealet for oppmålingen, avhenger først og fremst av hvor store bergartsbruddstykker det finnes i materialet. Dersom steinstykkene er orienterte på en bestemt måte, må en ta omsyn til dette forholdet under oppmålingen.

Den framgangsmåten jeg har brukt ved disse undersøkelsene, svarer i hovedtrekkene til en metode som alt er offentliggjort av HÖRNER (1944).

Ved en slik oppmåling kan en finne volumforholdet mellom de forskjellige gruppene. For å kunne jamføre med resultater fra laboratorieanalyser er det ønskelig å få regnet verdiene om til vektprosent. Ved konstruering av diagrammene i fig. 17—18 har jeg for materialet under 20 mm som vanlig regnet om fra volum- til vektprosent ved å redusere med 33 %. Det blir dermed sannsynligvis regnet med for lav volumvekt. Særlig for jorda av Oslofelt-eruptivene tror jeg at porevolumet er betydelig mindre. Men jeg har ikke fått utført bestemmelse av volumvekten for morenemateriale med uforstyrret struktur. Noen stor endring i bildet ville det ellers ikke ha blitt om det var brukt en noe lavere proSENTSATS ved redusering til vektprosent.

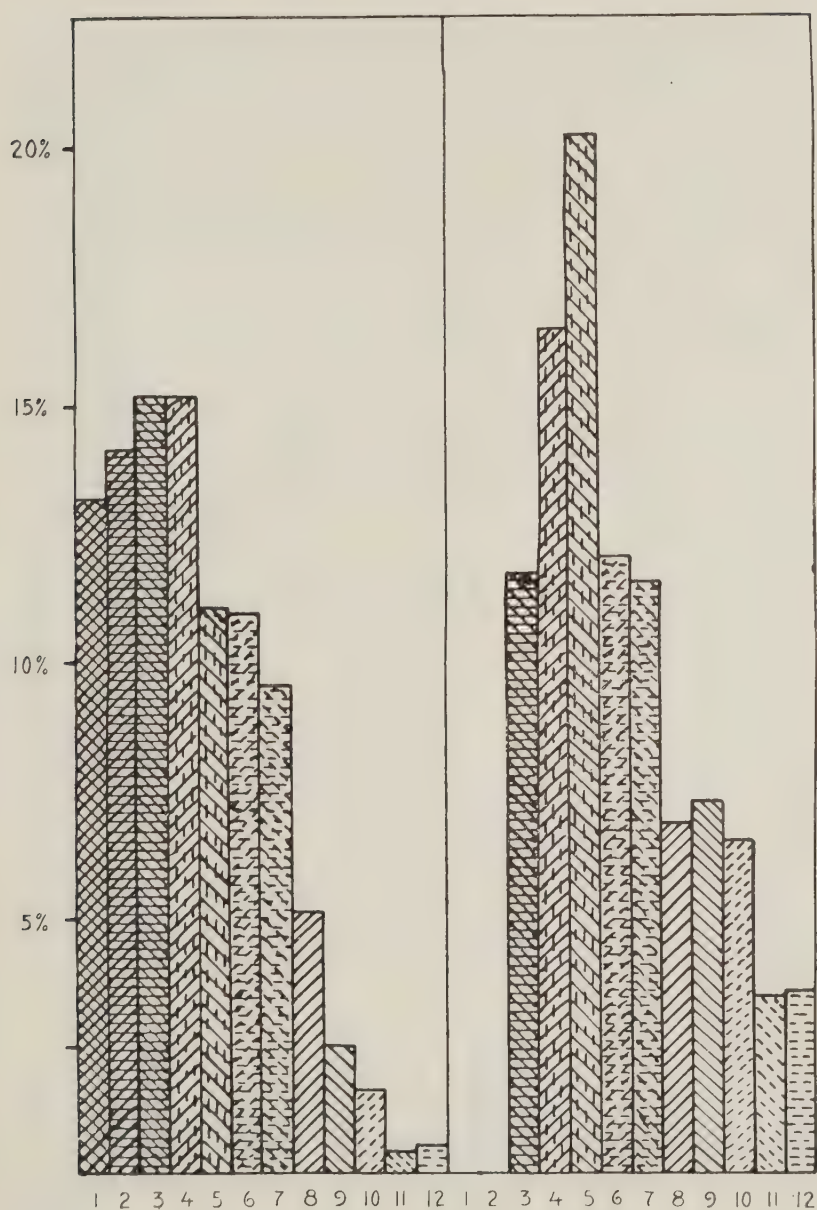


Fig. 17. Mekanisk sammensetning av moreneavleiringene der prøvene M 61 (til venstre) og M 71 (til høyre) er tatt ut. Det er brukt samme inndelingssystem som for fig. 16, og søyle 1 gjelder materiale > 20 cm.

I de fire diagrammene i fig. 17 og 18 ser en eksempler på mekanisk sammensetning av alt materiale i moreneavleiringer av nordmarkitt-eikeritt og fyllitt. Det er representert noe forskjellige typer fra de to jordartene eller jordartsgruppene. Leirinnholdet er forholdsvis stort i den fyllittmorenejorda som er med her. Jeg har hittil ikke utført slike bestemmelser for noe stort antall skjæringer. Diagrammene må altså ikke oppfattes som uttrykk for gjennomsnittssammensetningen av disse to jordartsgruppene. Men det kommer fram typiske skilnader mellom morenejord av de to ulike gruppene av bergarter.

Innholdet av steiner og blokker er som regel meget stort i den autoktone morenejorda av Oslofelt-eruptiver. Som nevnt er også grusinholdet svært stort, og den relative mengden av materiale mindre enn 2 mm blir dermed liten. Med den inndeling som er brukt i diagrammene foran, finner en det største innholdet dels i en av grusfraksjonene, dels i en av steinfraksjonene og i mange høve først i blokkfraksjonen.

Fyllittmorenejorda kan også inneholde mye grus og stein. Innholdet av blokker er i alminnelighet svært lite, og dels mangler slikt materiale fullstendig. I mange høve finnes det heller ikke noe materiale i fraksjonen 6—20 cm, og ikke i noen av de avleiringene jeg har undersøkt, har denne gruppen vært bedre representert enn fraksjonen 2—6 cm. Det kommer altså en mye mindre del av materialet i de groveste fraksjonene i fyllittmorenejorda enn i morenejorda av nordmarkitt-eikeritt. Først ved kvantitativ bestemmelse også av grovmaterialet kan en få dette forholdet klart fram.

Et umiddelbart inntrykk av skilnader mellom steinrike moreneavleiringer av disse to ulike bergartsgruppene gir jamføring mellom fig. 11 og 19 (s. 75 og 118).

I håp om å få oversikt over den mekaniske sammensetningen av flere forskjellige morenejordarter i Norge, har jeg gått gjennom litteraturen og stilt sammen alle de analysetallene jeg har kunnet finne for denne jordartsgruppen. Dessverre viste det seg at antallet av analyserte prøver ikke er stort, og at prøvene fordeler seg svært ujevnt utover landet. En del av analyseresultatene er også sannsynligvis relativt upålitelige. Jeg har derfor ikke kunnet utnytte tidligere publiserte analysetall i den grad som jeg hadde håpet. Men jeg skal likevel ta med et kort utdrag av de sammenstillingene jeg har gjort.

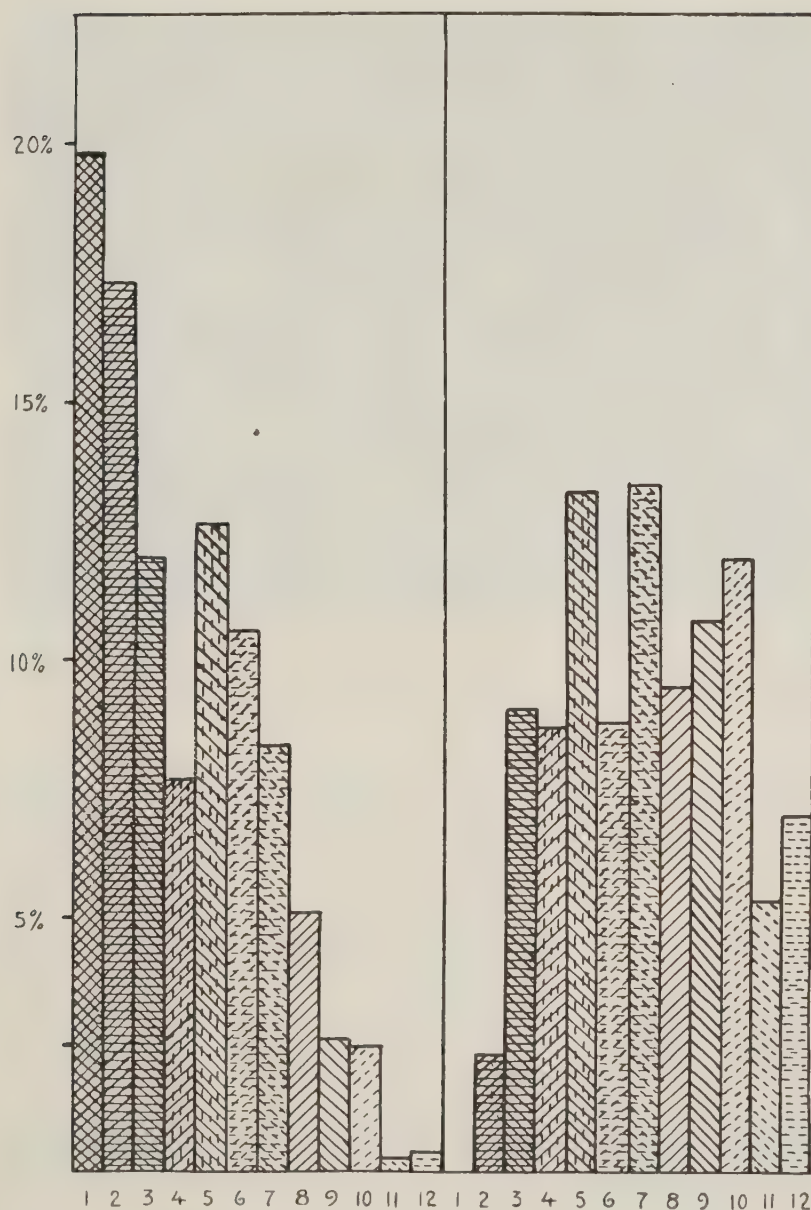


Fig. 18. Mekanisk sammensetning av moreneavleiringene der prøvene M 56 (til venstre) og M 70 (til høyre) er tatt ut. Jfr. fig. 17.

I alt har jeg stilt sammen analysetall for 365 prøver av morenejord. Videre har jeg funnet tall for 73 prøver som jeg ikke har tatt



Fig. 19. Morenejord av eikeritt. Innholdet av steiner og blokker er så stort at ikke mellomrommene over alt er heilt fylt med finere materiale. Vegskjæring ca. 1 km V. S. V. for brua over Kopa, Lardal.

med. I en del av disse tilfellene har det bare vært oppgitt mengden av «avslembart», i noen høve er bare enkelte fraksjoner bestemt og i svært mange tilfelle foreligger det feil slik at summen av prosent-tallene ikke blir 100.

Det var hensikten å få fatt i alle analysetall som gjelder virkelig morenemateriale. Dersom det er nevnt direkte at prøven var tatt fra lagdelt eller utvasket morenejord, slikt materiale som en har mange steder langs raet og andre isranddannelser, blir ikke analysetallene tatt med ved sammenstillingene. På den andre sida er det sannsynlig at det er blitt med tall for en del prøver av slik jord fordi opplysningene er mangelfulle eller feilaktige. Ellers er rimeligvis mange morenejordprøver bare oppgitt å være fra grus- eller sandjord, og de er da ikke kommet med ved sammenstillingene.

Bortimot halvparten av prøvene er fra de to fylkene Hedmark og Opland. Det er svært lite materiale fra de fem nordligste fylkene. I noen høve er det analysert flere prøver fra samme profil eller fra samme forsøksfelt, og dermed blir enda færre steder representert enn en får inntrykk av ved å se på tallene. Om enkelte av prøvene står det

at de er tatt i bleikjordlaget i podsolprofiler, og mange er fra matjorda på dyrket mark. Som kjent kan det være systematiske skilnader mellom de øverste jordlagene og undergrunnsjorda med omsyn til den mekaniske sammensetningen.

Når det er analysert to prøver fra nøyaktig samme sted (f. eks. MOEN 1932 og VIDME 1940), er bare den eine serien av analysetall tatt med. Det samme gjelder prøver som det finnes to eller flere sett analysetall for (f. eks. GLØMME 1925). Mange av analysene er utført for lang tid tilbake. Det mangler ofte opplysninger om hvilke framgangsmåter som er brukt under analyseringen. Men det er grunn til å tro at dispergeringen av materialet til dels kan ha vært noe ufullstendig.

I sammenstillingene er tatt med analysetall som er offentliggjort før 1. juli 1947. Publikasjonene er ført opp i litteraturlisten bakerst i denne avhandlingen.

Det er brukt to vesensforskjellige inndelingsmåter ved mekaniske analyser i Norge. Ved den eldste framgangsmåten ble materialet delt i gruppene: $< 0,01$, $0,01-0,05$, $0,05-0,1$, $0,1-0,5$, $0,5-1,0$ og $1,0-2,0$ mm. Til dels er noen grupper slått sammen, og i noen høve er det tatt med grupper for grovere materiale. Det finnes også bestemmelser av materialet under $0,005$ mm (BJØRLYKKE 1916). Denne inndelingsmåten er innført av Schöne (e. NOVÁK 1935 s. 29), og ble brukt ved Bureau of Soils i U. S. A. Ved den andre framgangsmåten brukes gruppene: $< 0,002$, $0,002-0,02$, $0,02-0,2$ og $0,2-2,0$ mm. Denne skalaen er som kjent foreslått av ATTERBERG (1912). Ofte blir hver av de tre siste gruppene delt i to.

I enkelte høve er det brukt kombinasjoner av disse to skalaene. (Se f. eks. ØYEN 1925—1926 og STRØM 1943 b.)

Det er ofte tatt med materiale over 2 mm ved utregningen av den prosentiske sammensetningen. Som nevnt går jeg ut fra at det i mange høve er tvilsomt om de oppgitte tallene for det groveste materialet virkelig gjelder fraksjonen 2—20 mm, og dermed hviler det også usikkerhet på prosenttallene for de finere fraksjonene. For å få jamførbare og mest mulig sikre tall har jeg regnet om analyse-resultatene slik at summen av prosenttallene for alt materialet under 2 mm blir 100.

Etter gjennomføring av disse omregningene er tallene stilt sammen. En del resultater er gjengitt i fig. 20—23. Prøvene er her gruppert etter innhold av materiale mindre enn henholdsvis $0,002$ mm, $0,02$ mm,

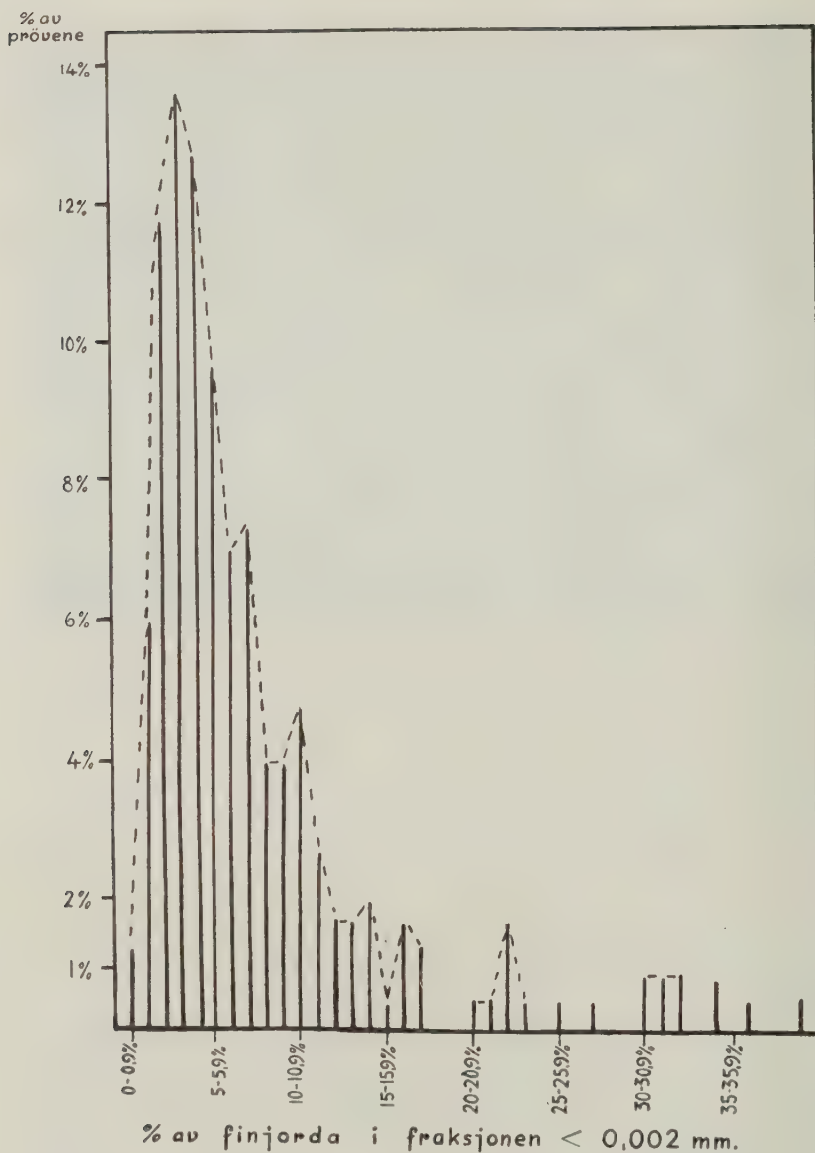


Fig. 20. Sammenstilling av analysetall for norske prøver av morenejord.
 Prøvene er gruppert i klasser etter innholdet av materiale < 0,002 m.

0,01 mm og 0,05 mm. Ved disse sammenstillingene er det brukt klasseinndelingene 0—0,9 %, 1,0—1,9 %, 2,0—2,9 %, osv. Fordelingen av prøvene på de forskjellige klassene blir gjengitt med søyler i diagrammene. Således viser fig. 20 at av alle prøvene med analysetall

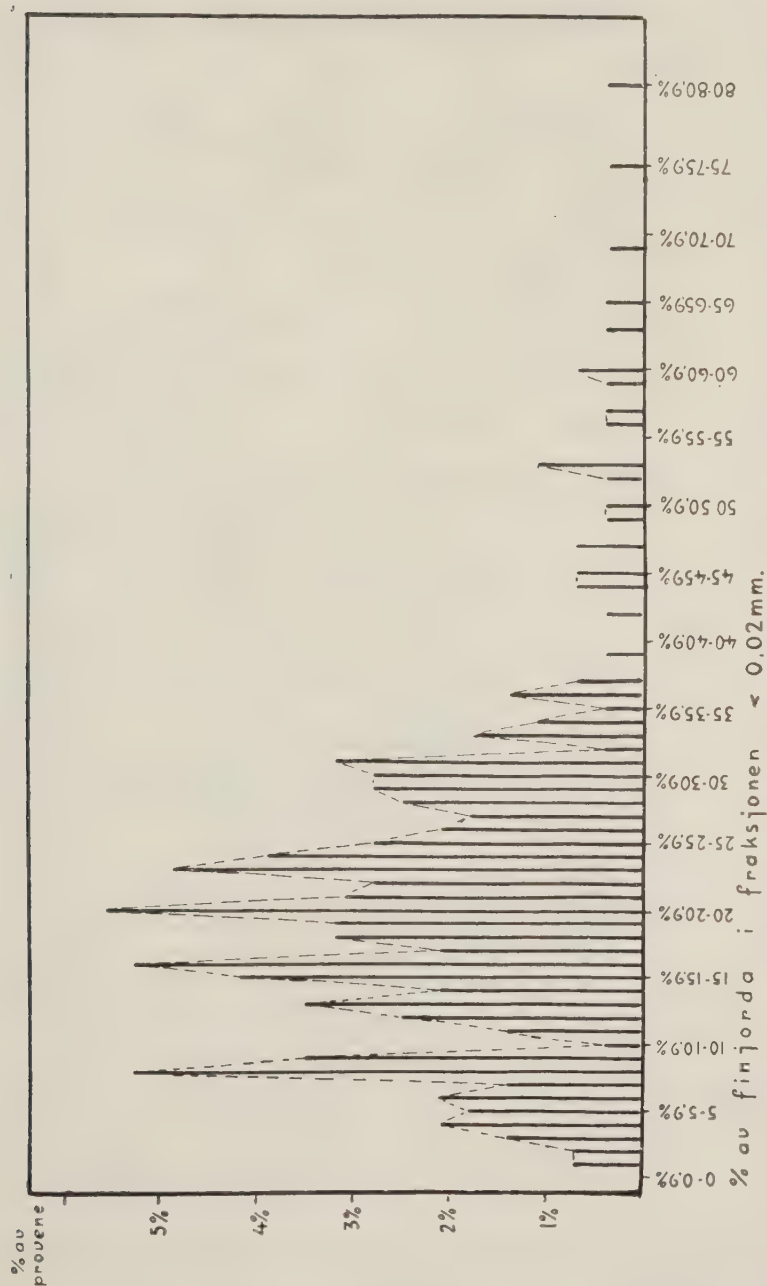


Fig. 21. Sammenstilling av analysetall for norske prøver av morenejord. Prøvene er gruppert i klasser etter innholdet av materiale $< 0,02$ mm.

for fraksjonen 0,002 mm, er det 1,2 % som har et innhold av dette materialet på 0—0,9 %. Ser en til høyre på den samme figuren, finner

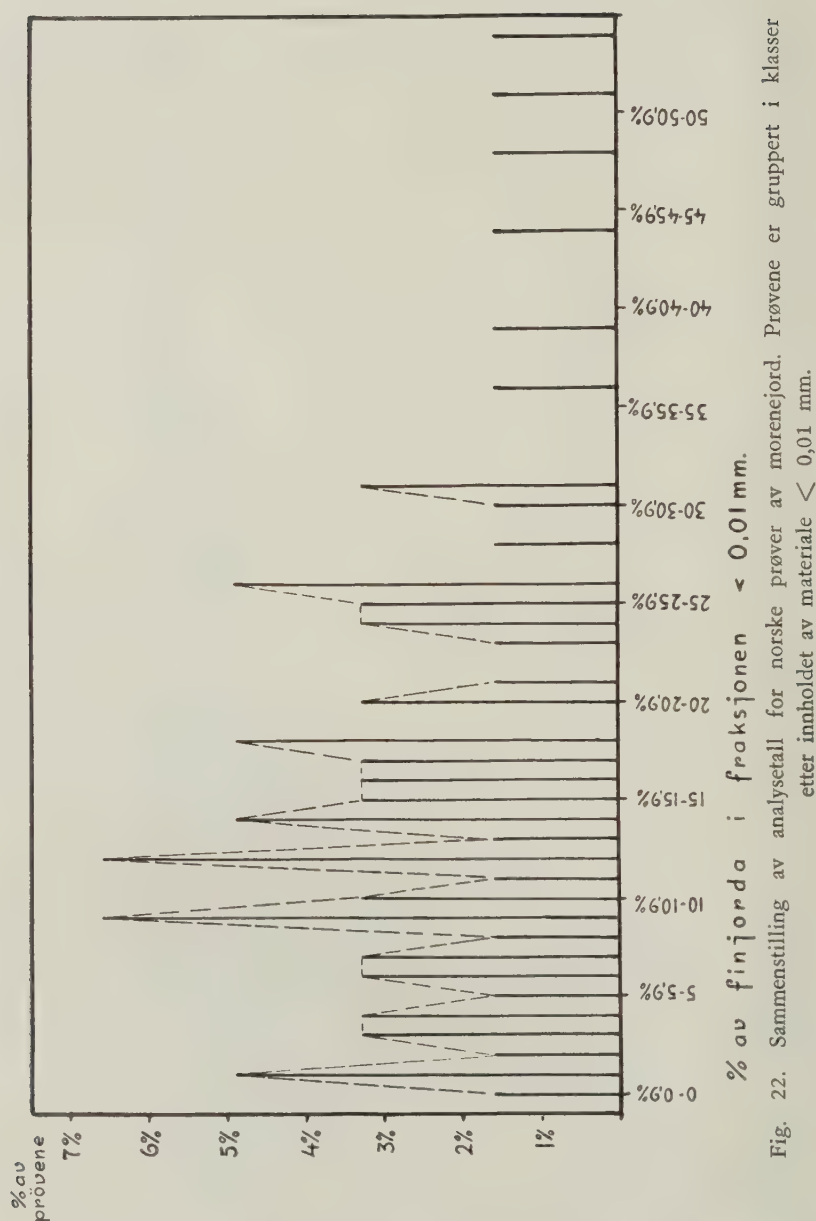


Fig. 22. Sammenstilling av analysetall for norske prøver av morenejord. Prøvene er gruppert i klasser etter innholdet av materiale $< 0,01$ mm.

en at 0,4 % av alle prøvene har et innhold av materiale $< 0,002$ mm på 39,0—39,9 %.

Prosenttallene som er brukt ved konstruering av fig. 21, er beregnet på grunnlag av 284 prøver. Fig. 23 er trukket opp på grunnlag av

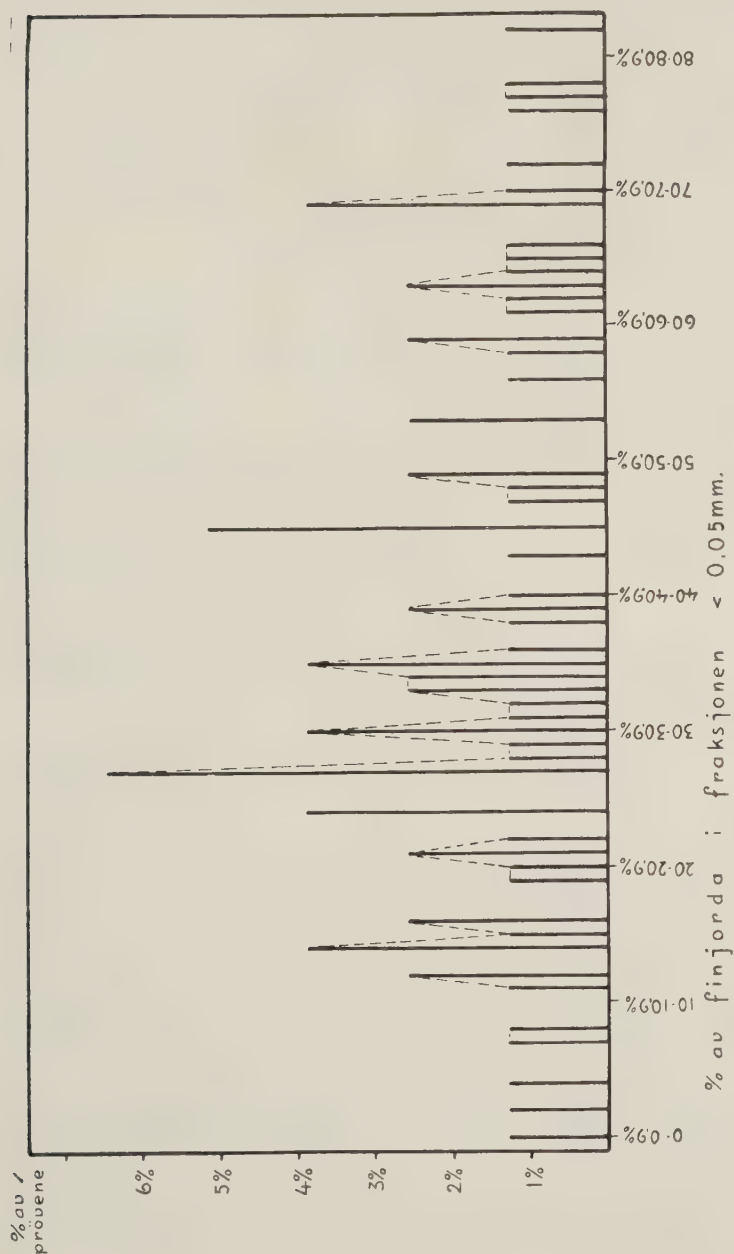


Fig. 23. Sammenstilling av analysefall for norske prøver av morenejord. Prøvene er gruppert i klasser etter innholdet av materiale < 0,05 mm.

77 prøver. For de tilsvarende figurene 20 og 22 har det vært litt færre, da den fineste fraksjonen ikke er bestemt i alle prøvene. På

den andre sida er det her med noen få prøver som ikke kunne medregnes ved den andre grupperingen fordi det er uregelmessigheter med omsyn til de nærmeste fraksjonene.

Det går fram av fig. 20 at vel to tredjeparter av prøvene har leirinnhold ($< 0,002$ mm) på mellom 1 % og 7,9 %. Noen spredte prøver av moreneleire skiller seg ut lengst til høyre på figuren. For Finnland har AARNIO (1938) funnet at en betydelig del av de undersøkte moreneprøvene har leirinnhold på under 1 %.

Når alt materialet under 0,02 mm blir tatt med (fig. 21), fordeler prøvene seg mer spredt. Det kommer et par prøver i hver av de to klassene 1,0—1,9 % og 2,0—2,9 %. Ellers er det sammenhengende kurve like oppover til klassen 37,0—37,9 %. En enkelt prøve av moreneleire fra Jæren har heile 80 % under 0,02 mm.

De få prøvene som er blitt analysert etter den gamle framgangsmåten med bestemmelse av materiale $< 0,01$ mm og $< 0,05$ mm, fordeler seg svært spredt. Ser en på fig. 22, finner en at det er noenlunde jevn fordeling av prøvene fra klassen 0—0,9 % til klassen 26,0—26,9 %. Ellers finner en prøver med opp til 54,0—54,9 % av materialet $< 0,01$ mm. Av fig. 23 går det fram at ved å regne med materiale $< 0,05$ mm, fordeler prøvene seg noenlunde jevnt like fra klassen 0—0,9 % og oppover til klassen 82,0—82,9 %.

Dette tallmaterialet egner seg altså ikke som grunnlag for utarbeiding av alminnelige karakteristikker for mekanisk sammensetning av forskjellige norske morenejordarter. Men ut fra alminnelige litteraturstudier og egne undersøkelser skal jeg til slutt peke på en del forhold som jeg meiner er viktige ved vurdering av morenejord fra jordbunnslærens synspunkt.

1. Leirinnholdet bør alltid oppgis.
2. Når leirinnholdet er lite, bør også innholdet i de nærmeste fraksjonene bedømmes kvantitativt. F. eks. kan en angi mengden av alt materiale under 0,02 mm eller under 0,06 mm.
3. Det bør oppgis hvilken fraksjon som dominerer i avleiringen.
4. Ved gjennomføring av mekaniske analyser regnes sammensetningen ut for materialet under 2 mm. Grusinnholdet bør oppgis etter særskilt utregning. En må arbeide med større prøver desto grovere fraksjoner en vil bestemme. Maksimalstørrelsen for partiklene må alltid oppgis.
5. Til fullstendig karakterisering av morenejord hører også mål for innholdet av steiner og blokker. «Prøvedyrking» etter Malmgårds

metode kan brukes, særlig når det er spørsmål om vurdering av dyrkingsjord. For blokkfrie moreneavleiringer kan en utføre sikting av store jordmengder. Der det finnes skjæringer, kan en skaffe seg gode uttrykk for sammensetningen ved direkte måling etter den framgangsmåten som er omtalt foran (se s. 114).

b. Endringer i vannstoffjonkonsentrasjonen.

Titreringsundersøkelser.

For klarlegging av jordsmonndannende prosesser i forskjellig slags lausmateriale er det viktig å ha rede på ulikheter i den aktuelle reaksjonen og i evnen til å motstå reaksjonsforandringer.

I petrografien har det vært alminnelig å bruke uttrykket *sure bergarter* om bergarter med stort kiselinnhold, og *basiske* om kiselfattige bergarter. Men kiselinnholdet har ikke noe direkte å gjøre med vannstoffjonkonsentrasjonen. Uttrykkene *sure* og *basiske* om bergarter har ofte ført til misforståelser, og en må derfor bestemt rå til å forlate disse betegnelsene.

Ved pH-bestemmelser er det alminnelig å bruke vektforholdet 1:2,5 mellom jord og vatn. Men ved disse undersøkelsene er det brukt 10 ganger så mye væske som bergartspulver eller jord. En må altså være merksam på at tallene for den aktuelle pH kanskje kunne ha blitt litt annerledes hvis en hadde brukt det vanlige mengdeforholdet.

Alle mineral- og bergartsprøvene er alkaliske. Ofte ligger pH i nærheten av 9,0. Enkelte prøver når opp til og over 9,5. De aller fleste prøvene har pH over 8,5. I en mettet oppløsning av kalsiumkarbonat vil pH være ca. 8,4 når den står i likevekt med atmosfærisk luft med normalt koldioksydinnhold. Mange av de kiselrike (petrografisk sett «*sure*») bergartene som er tatt med ved disse undersøkelsene, har gitt suspensjonen betydelig høyere pH.

Det er ellers lenge siden det ble oppdaget at alminnelige silikatmineraler gir alkalisk reaksjon. Alt for et hundre år siden er det i Amerika offentliggjort iakttagelser over dette forholdet (ROGERS and ROGERS 1848). KENNGOTT (1867 a) har ca. 20 år seinere påvist at natrolitt reagerer alkalisk, og deretter har han lagt fram resultater fra undersøkelse av et stort antall mineraler (KENNGOTT 1867 b). Et par av disse prøvene er fra Norge (serpentin fra Snarum s. 305, granat fra Drammen s. 433). Seinere er slike spørsmål behandlet i mange arbeider

(se f. eks. ÅSLANDER 1928). Men på trass av at det er lenge siden en ble merksam på at suspensjoner av mineralpulver i vatn hadde alkalisk reaksjon, har det ofte ikke vært tatt tilstrekkelig omsyn til forholdet ved drøfting av jordsmonndannelsen.

I figurene 24—44 er gjengitt titreringskurver for prøver av mineraler og bergarter. Kurvene for prøver som står nær hverandre, er i alminnelighet plassert på samme figur eller på figurer ved siden av hverandre.

Ved bedømmelse av titreringskurvene er det viktig å ha rede på karbonatinnholdet i materialet. I tabell 35 er tatt med bergarts- og mineralprøver med et karbonatinnhold på mer enn 2 m. e. pr. 100 g tørrstoff. Prøvene B 5, B 7 og B 10 er ikke undersøkt.

Tabell 35.

Innholdet av karbonat, beregnet som m. e. CaCO_3 pr. 100 g tørrstoff, i prøver av bergarter og mineraler.

Prøve nr.	m. e. CaCO_3	Prøve nr.	m. e. CaCO_3	Prøve nr.	m. e. CaCO_3
B 8	14,6	B 35	4,7	B 51	12,6
B 9	2,9	B 36	30,0	B 52	7,6
B 11	4,0	B 37	13,7	B 53	4,7
B 12	3,2	B 40	2,2	B 54	7,2
B 13	8,1	B 41	3,0	B 55	27,5
B 14	17,9	B 42	8,1	B 56	111,9
B 17	9,0	B 45	28,9	B 57	187,6
B 20	63,1	B 46	30,0	B 58	28,1
B 27	7,6	B 47	5,3	B 60	3,4
B 31	23,6	B 48	4,3	B 61	2,8
B 32	7,1	B 49	27,6	B 62	44,0
B 34	86,1	B 50	16,3		

I enkelte av prøvene av morenejord er det også funnet små karbonatmengder. Som oftest er det under 1 m. e. I mange høve er ellers pH for lav til at prøvene kan inneholde kalsiumkarbonat.

Blant prøvene av grunnfjellgranitt, i fig. 24, skiller B 35 seg ut med betydelig større pufferevne mot syre enn de to andre prøvene. Karbonatinnholdet er så lite at det ikke kan ha større innflytelse direkte. Jamfører en med tallene for ombyttbare metallkatjoner (tabell 39, s. 169) finner en at innholdet er størst i den prøven som har størst pufferevne.

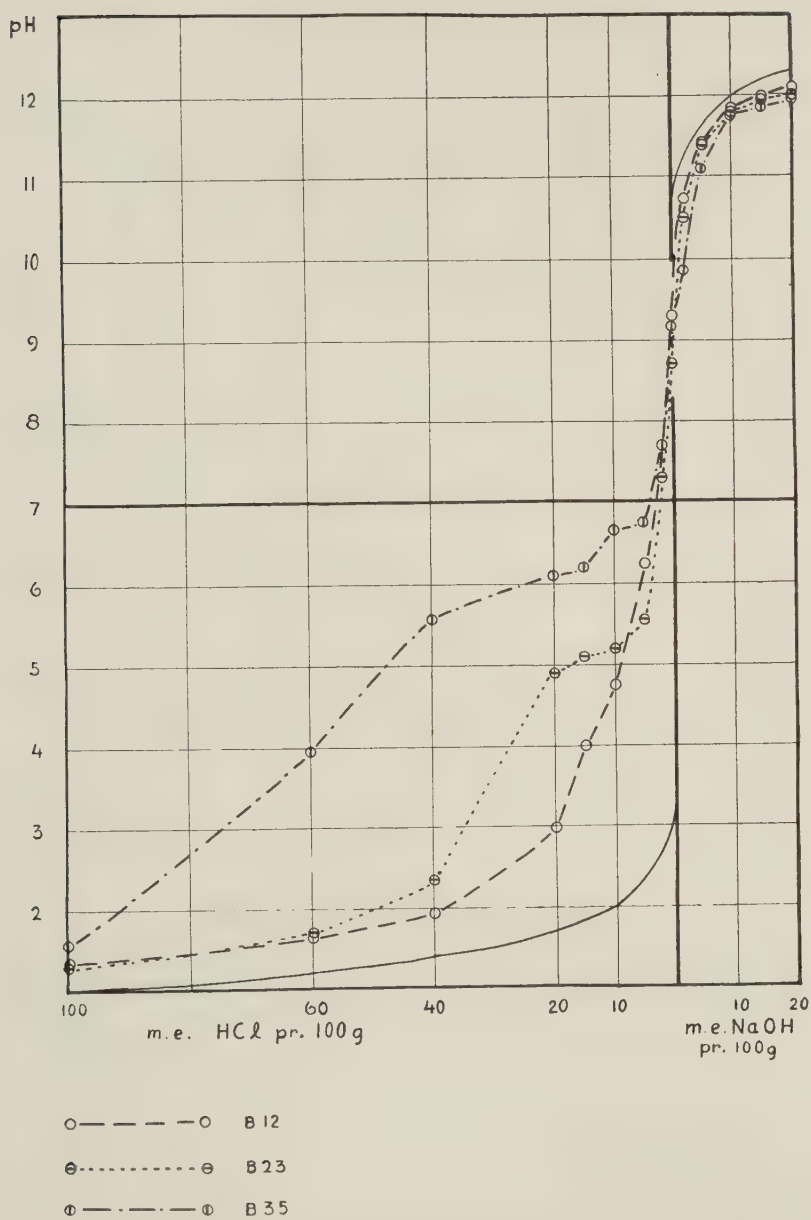


Fig. 24. Titreringskurver for pulveriserte prøver av grunnfjellgranitt.

I prøvene av gneissbergarter i fig. 25 er pufferevnen mot syre størst i B 7. Det er ikke utført bestemmelse av karbonater eller ombyttbare

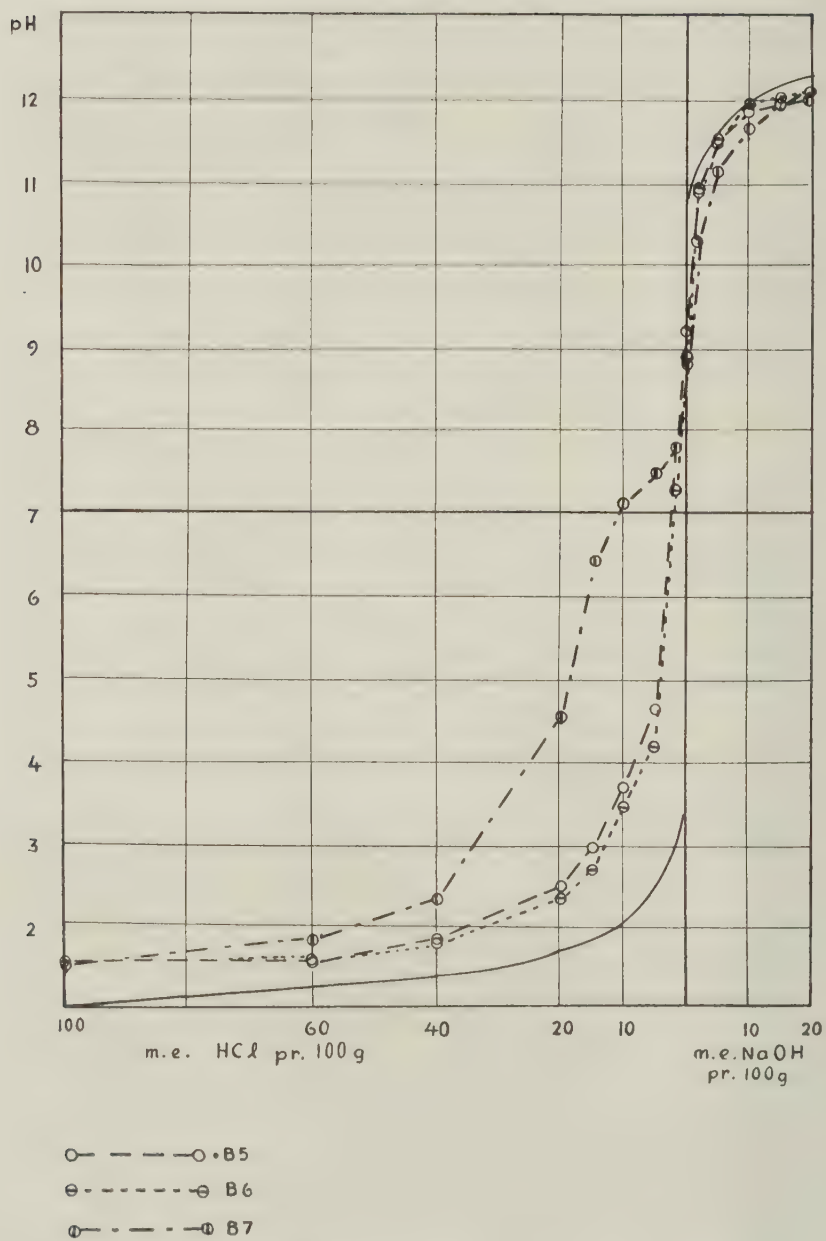


Fig. 25. Titreringskurver for pulveriserte prøver av gneisbergarter.

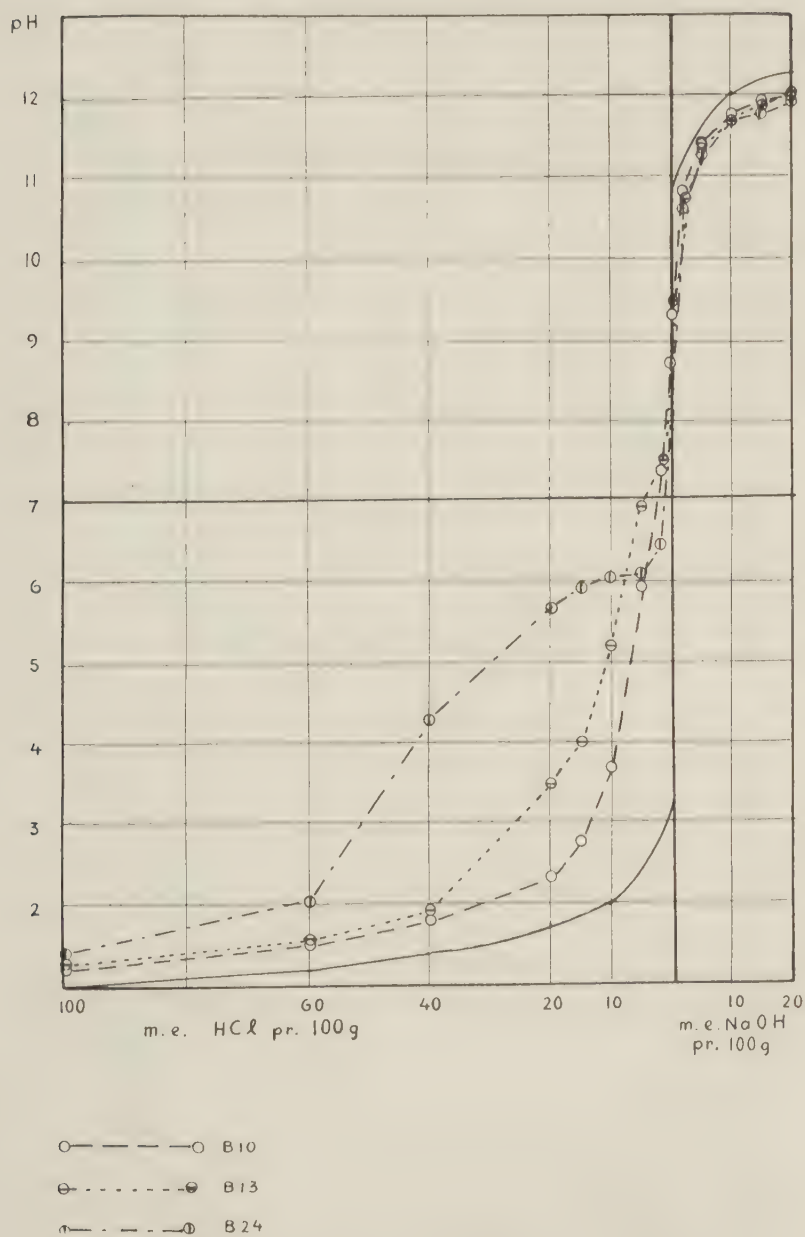


Fig. 26. Titreringskurver for pulveriserte prøver av nordmarkitt.

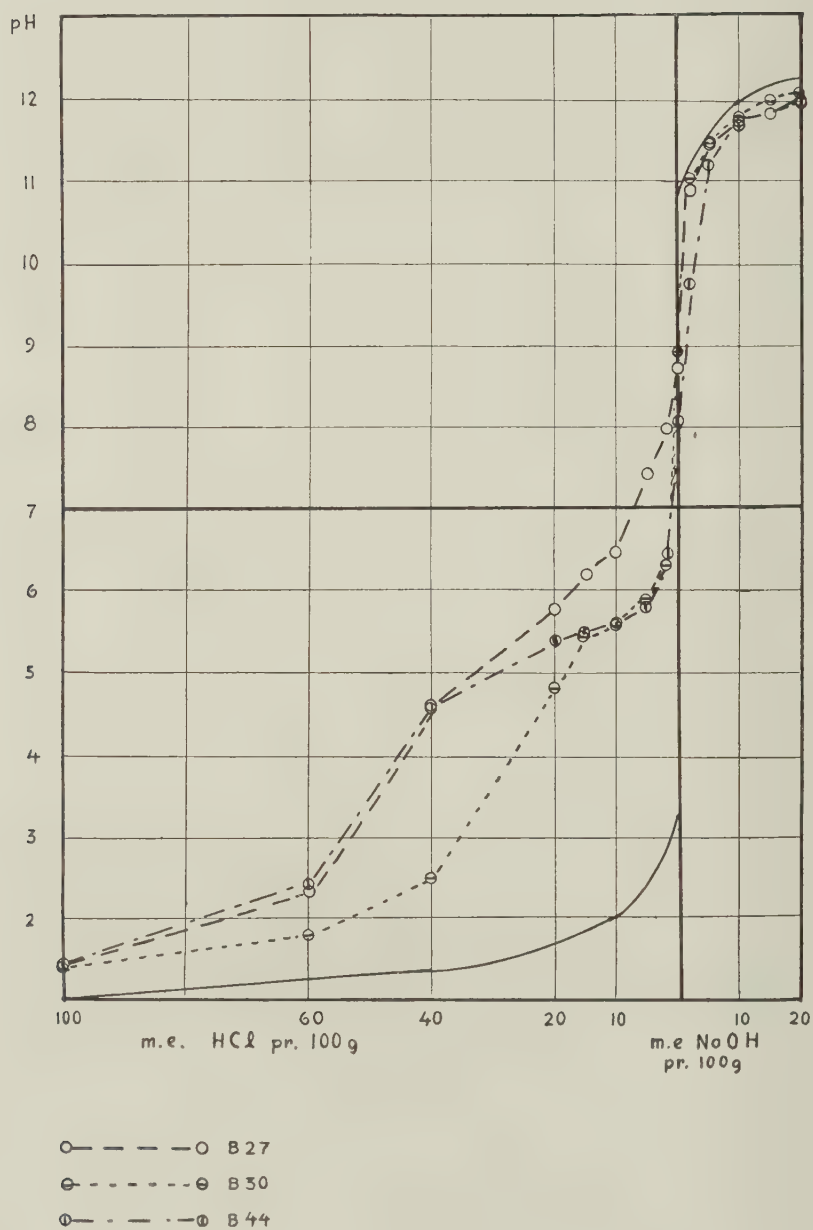


Fig. 27. Titreringskurver for pulveriserte prøver av nordmarkitt-eikeritt.

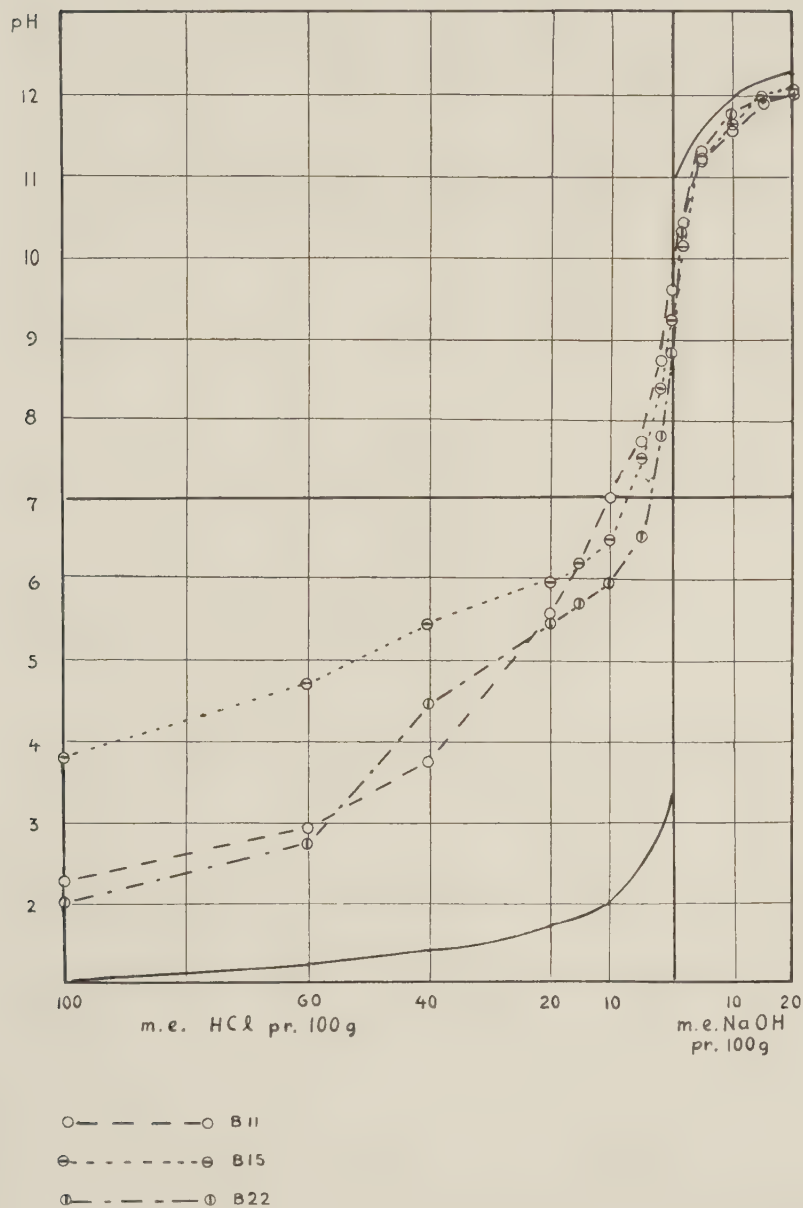


Fig. 28. Titreringskurver for pulveriserte prøver av larvikitt-kjelsåsitt.

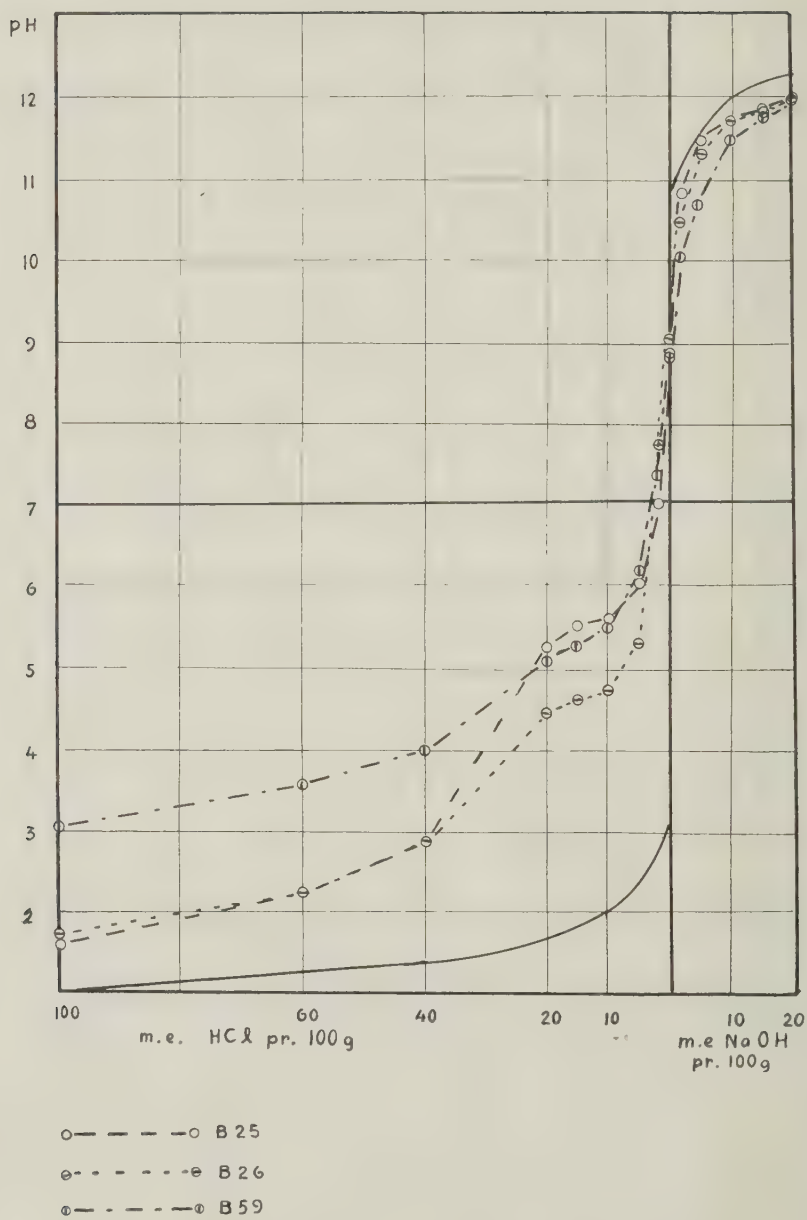


Fig. 29. Titreringskurver for pulveriserte prøver av larvikitt-kjelsåsitt og sørkedalitt.

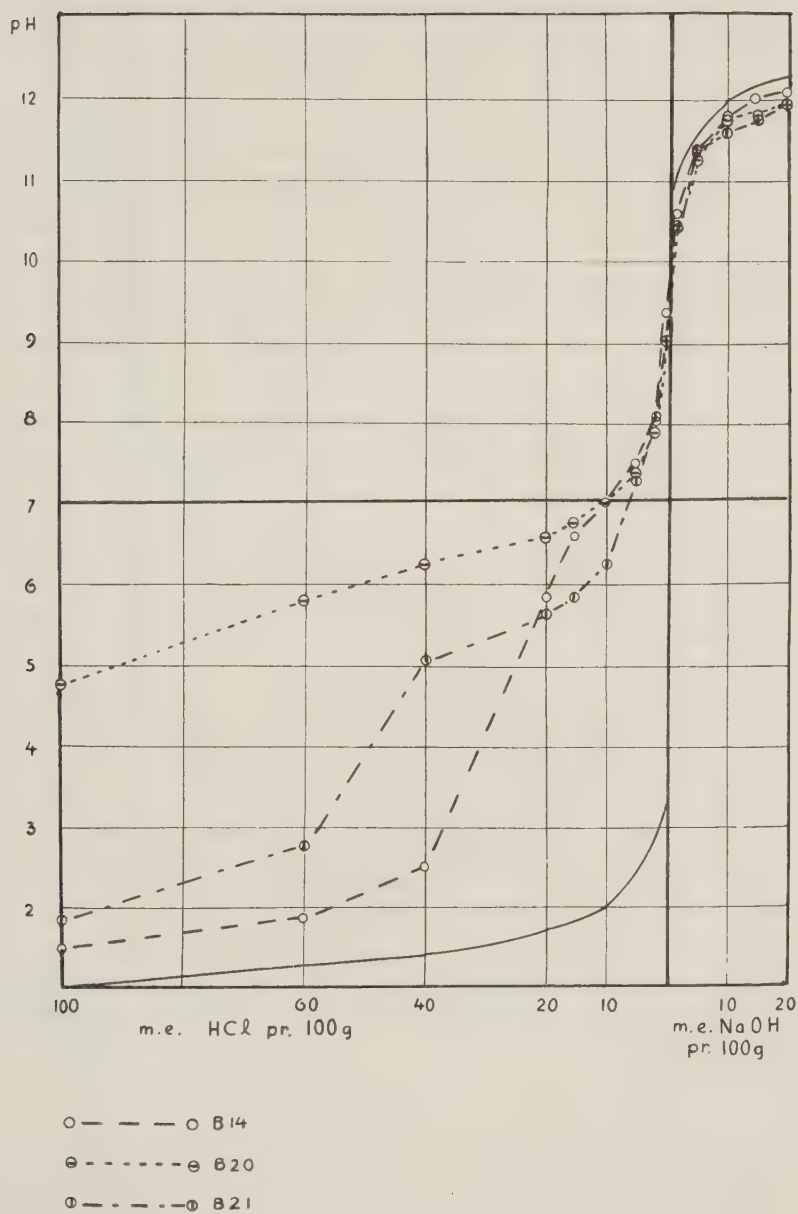


Fig. 30. Titreringskurver for pulveriserte prøver av rombeporfyr.

metallkationer i disse prøvene. Men innholdet av ammoniumklorid-oppløselig kalsium (tabell 39) ligger høyest i B 7.

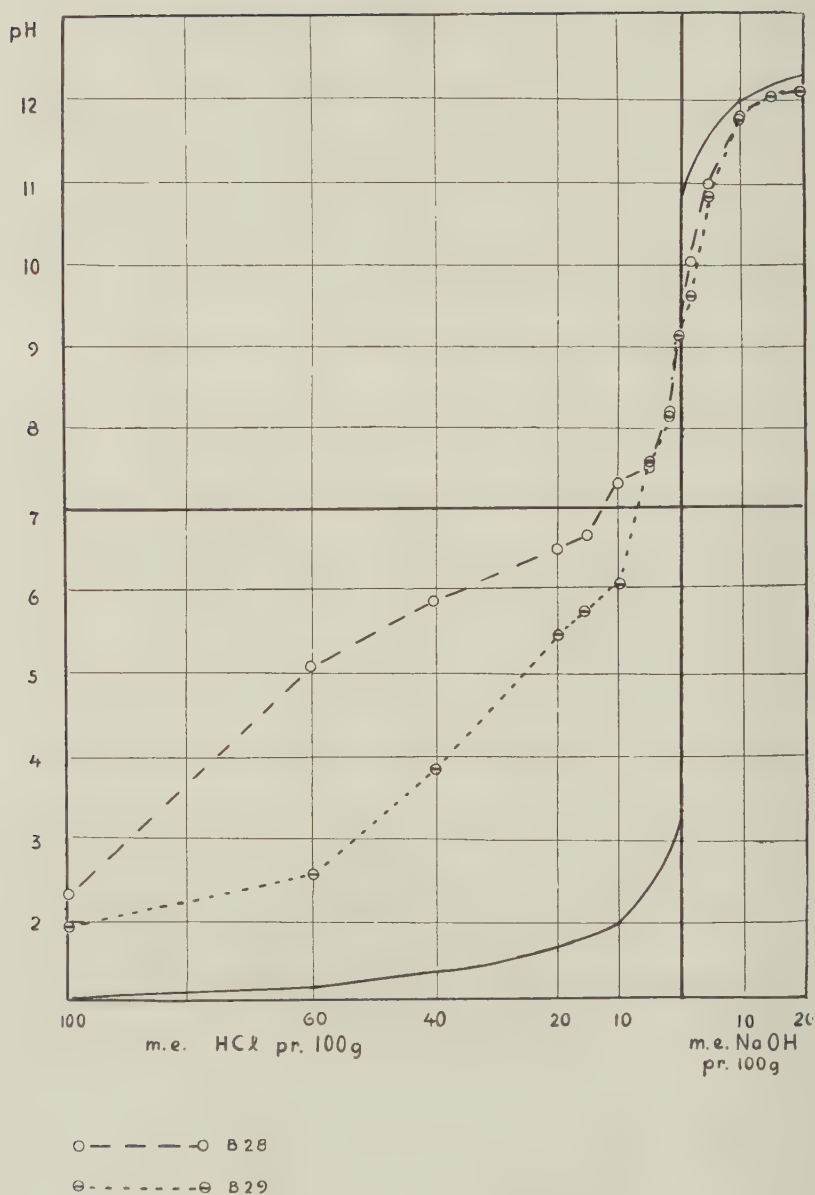


Fig. 31. Titreringskurver for pulveriserte prøver av rombeporfyrr.

Blant prøvene av eikeritt, nordmarkitt og nærstående syenitter (fig. 26 og 27) har B 24, B 27 og B 44 noe større pufferevne enn de øvrige ved midlere syretilsetninger.

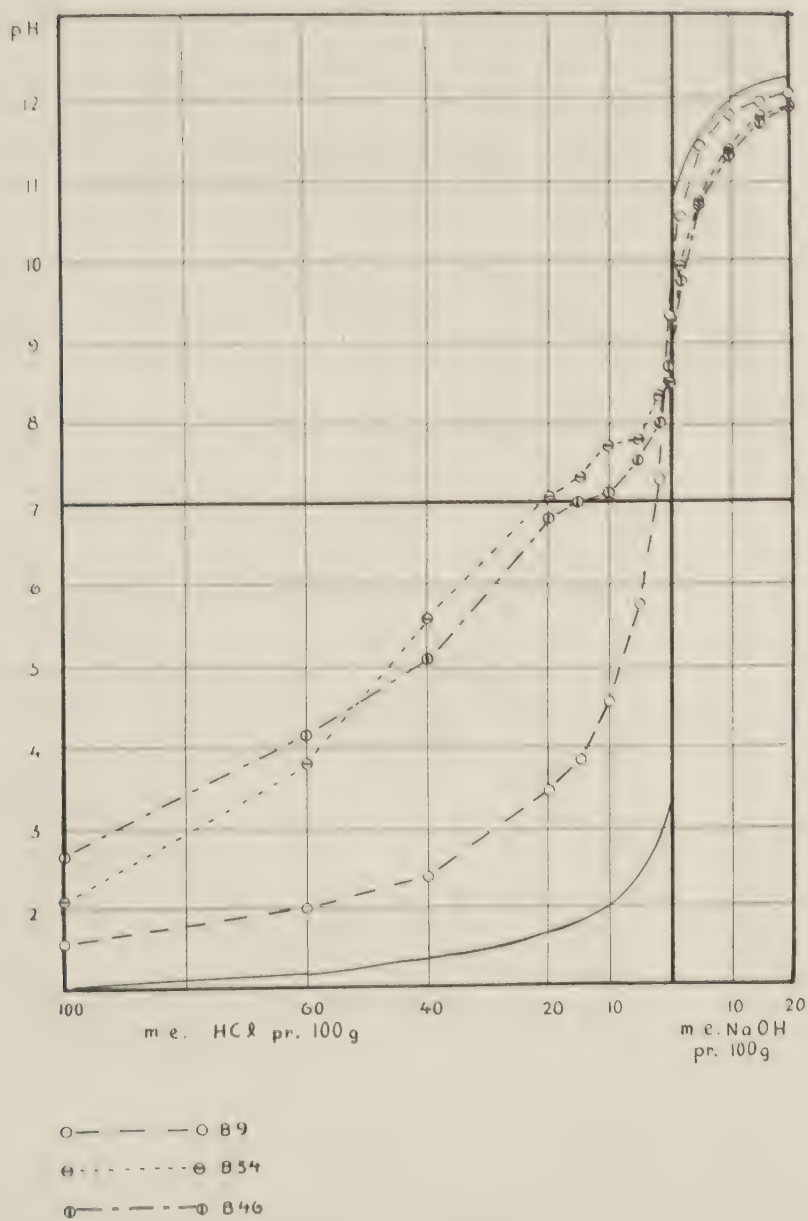


Fig. 32. Titreringskurver for pulveriserte prøver av basalt.

Jamført med de foregående figurene viser kurvene for larvikitt-kjelsått bergartene stor motstandsevne mot reaksjonsforandring ved

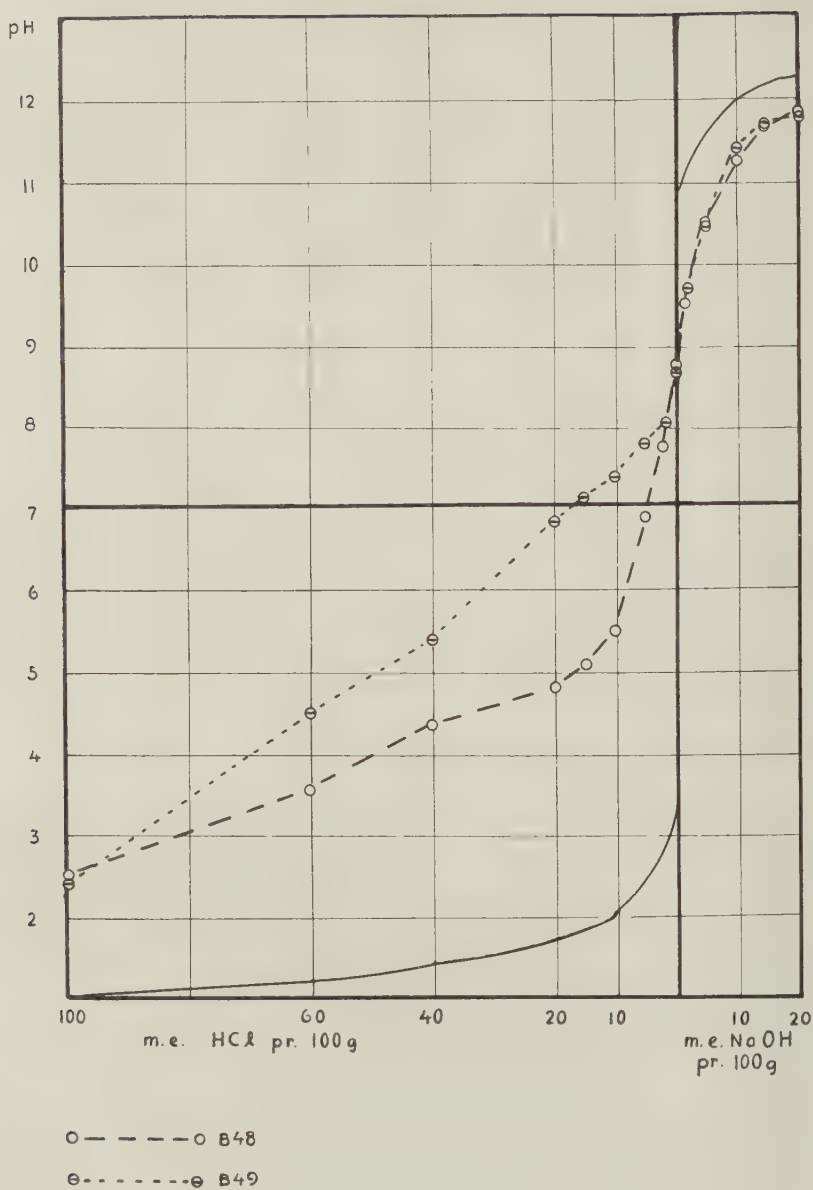


Fig. 33. Titreringskurver for pulveriserte prøver av basalt.

syretilsetning. Blant disse prøvene er det bare B 11 som inneholder karbonat, og mengden er her så liten at det bare er ved de minste tilsetningene av syre karbonatinnholdet kan ha nevneverdig betydning.

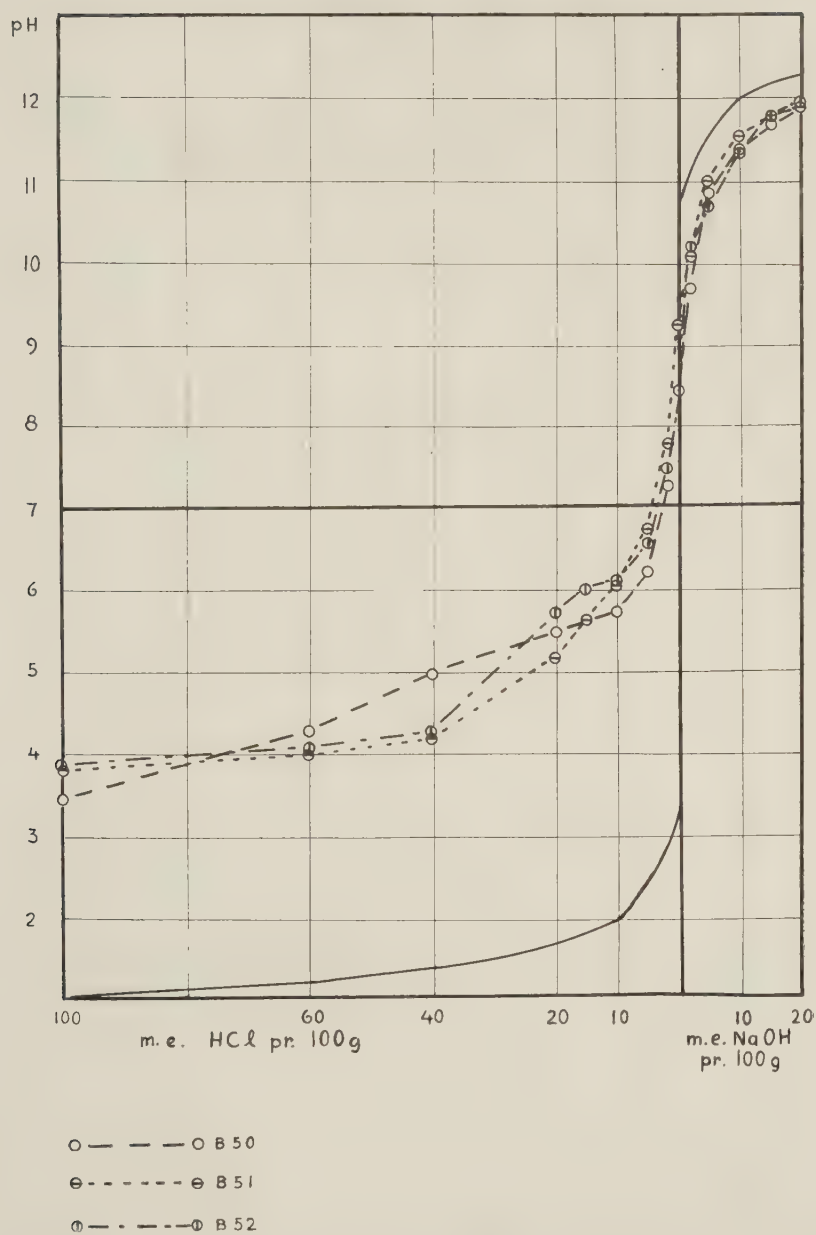


Fig. 34. Titreringskurver for pulveriserte prøver av nefelinsyenitt og sørkedalitt.

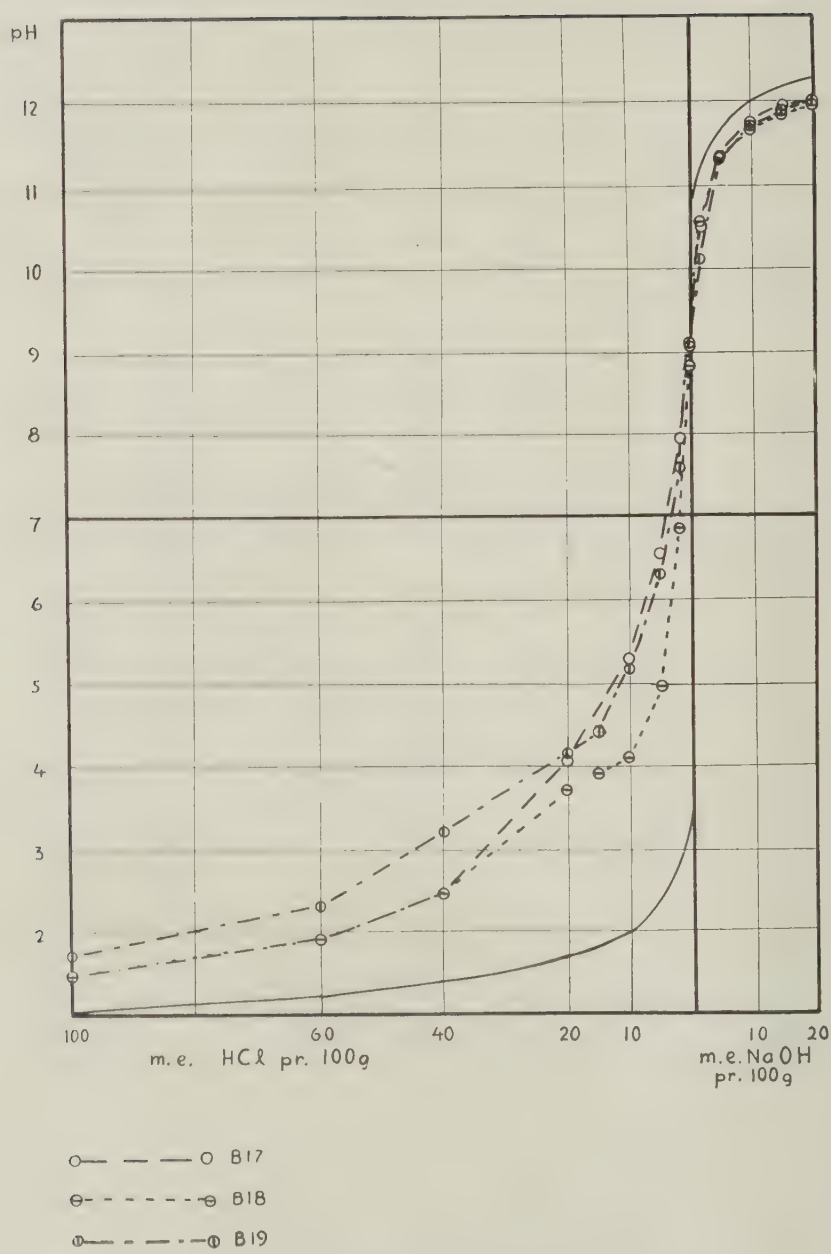


Fig. 35. Titreringskurver for pulveriserte prøver av fyllitt.

I prøvene av rombeporfyrbergarter (fig. 30 og 31) er det karbonatinnhold på 18 m. e. i B 14 og 63 m. e. i B 20. Prøver uten innhold

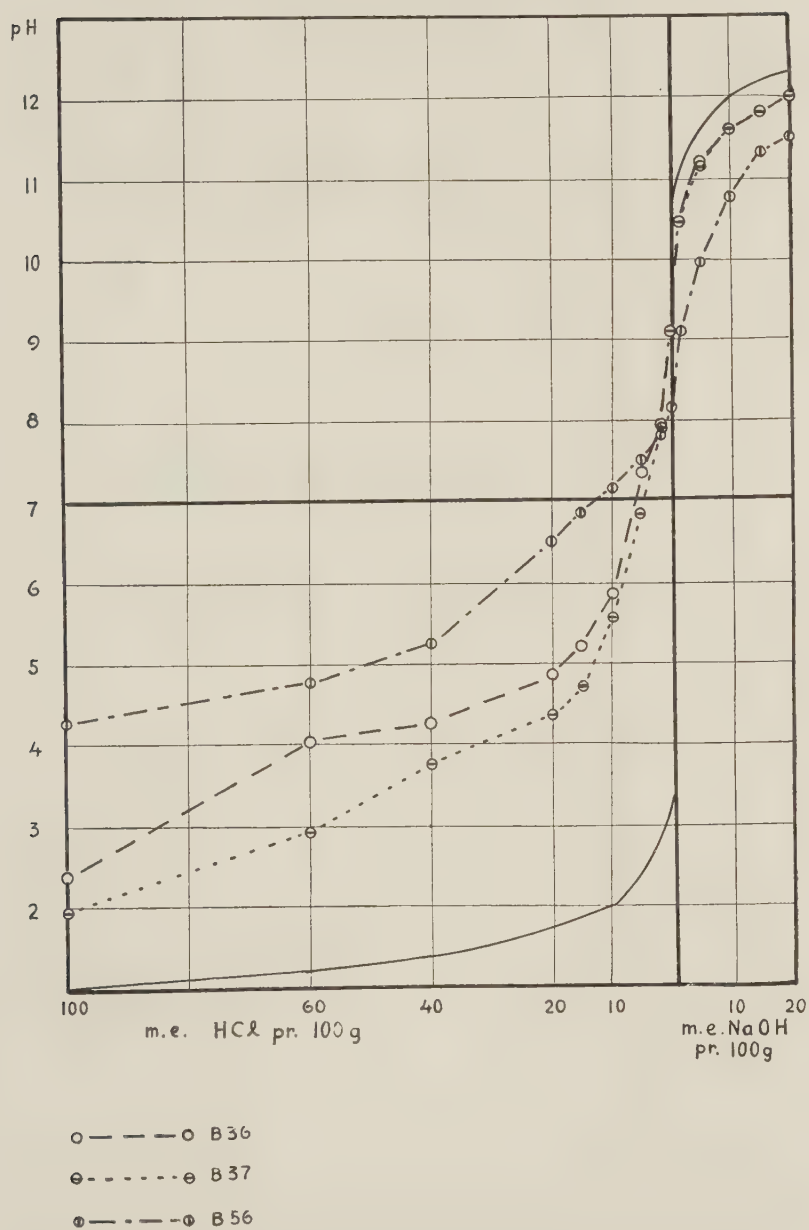


Fig. 36. Titreringskurver for pulveriserte prøver av fyllitt og leirskifer.

av kalsiumkarbonat har også stor pufferevne, men en finner også her et stort innhold av ombyttbare metallkationer.

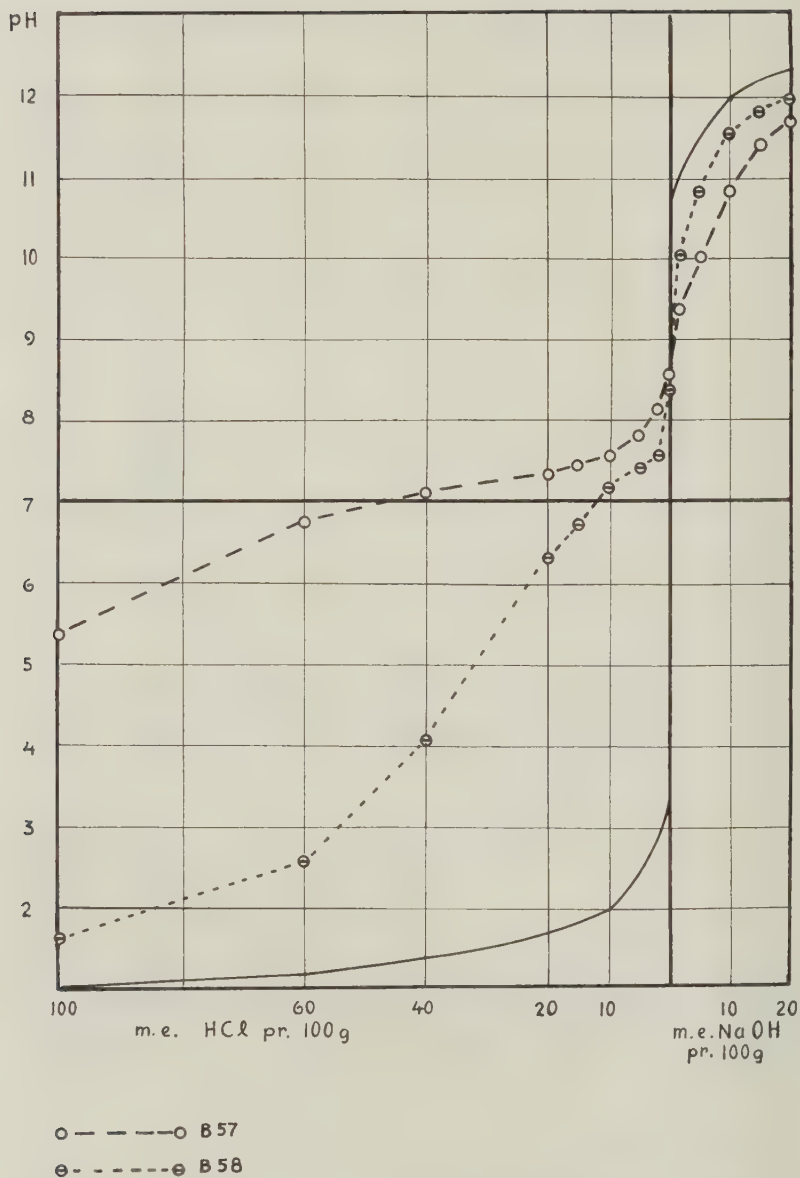


Fig. 37. Titreringskurver for pulveriserte prøver av fyllitt og leirskifer.

Alle prøvene av basaltbergarter (fig. 32 og 33) inneholder mer eller mindre av karbonat, og i noen grad gir kurvene et bilde av karbonatinnholdet. Men mengden av ombyttbare katjoner har også innflytelse (se tabell 43, s. 171).

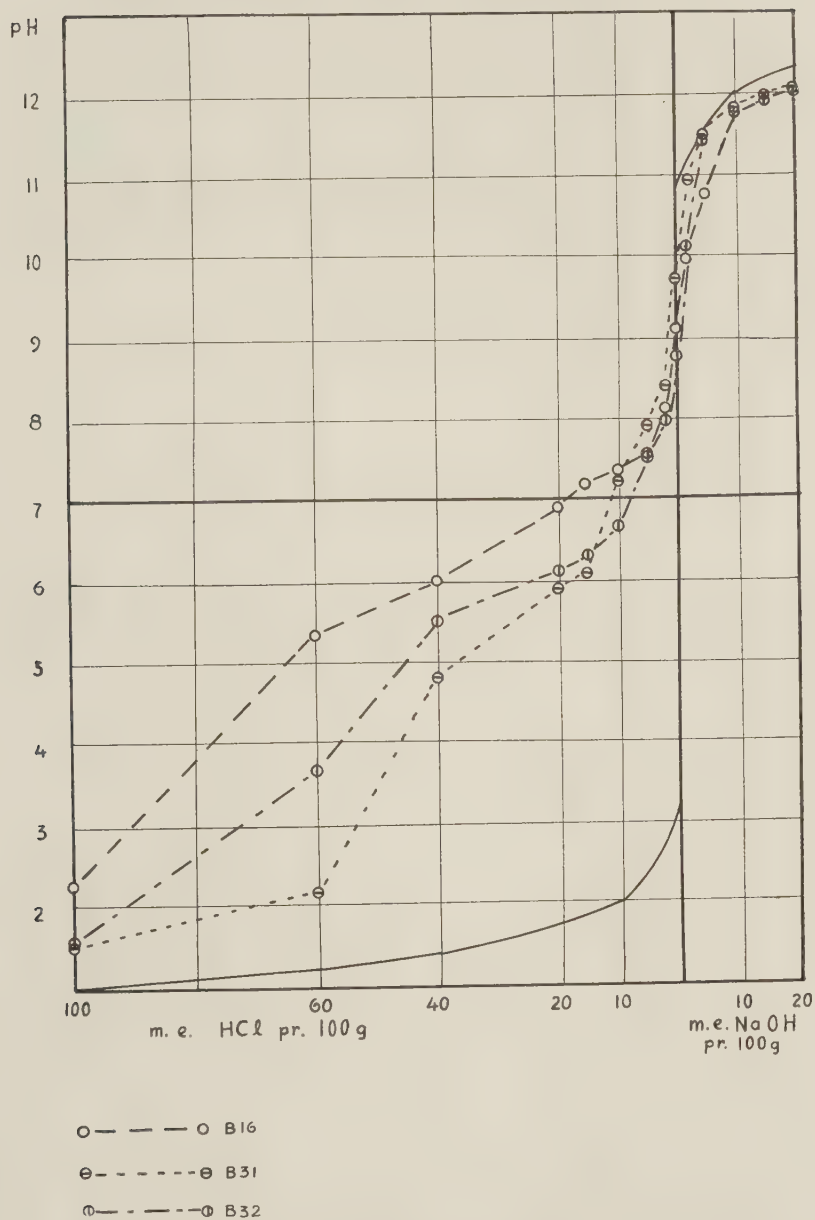


Fig. 38. Titreringskurver for pulveriserte prøver av sandstein og kvartsittiske bergarter.

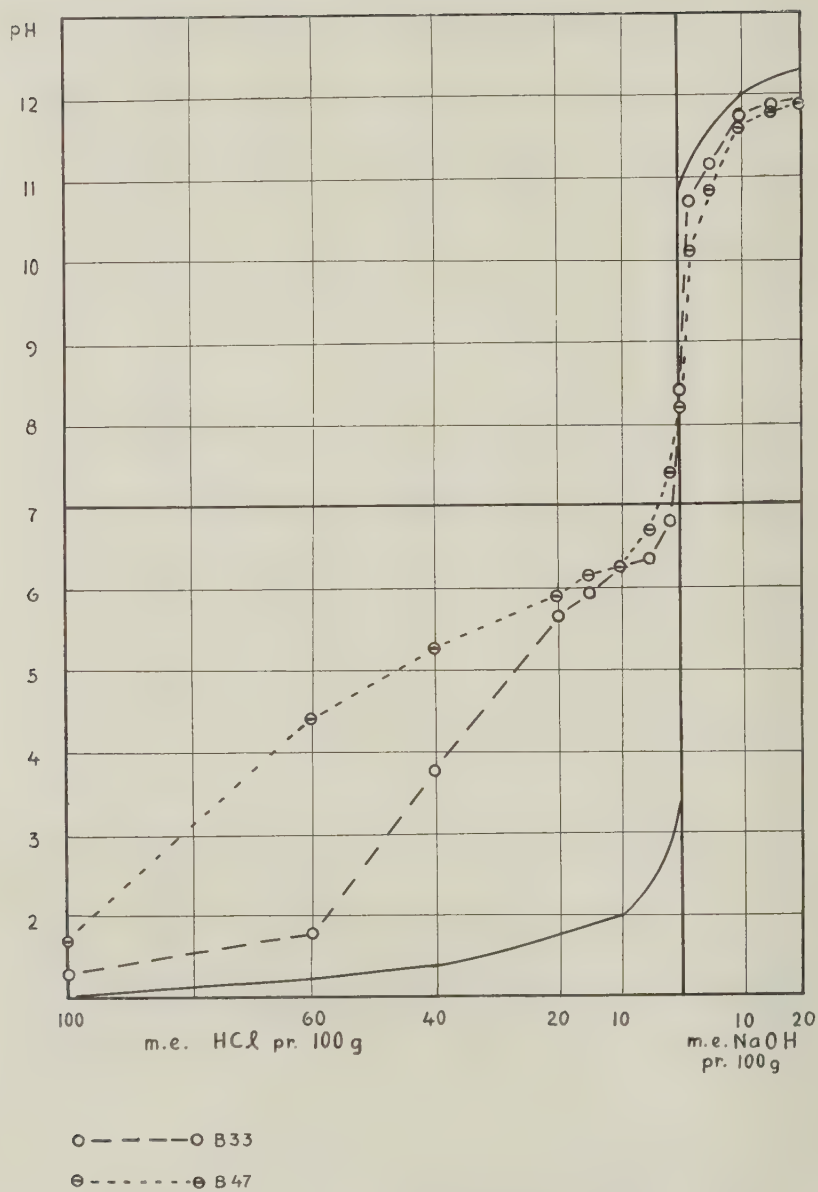


Fig. 39. Titreringskurver for pulveriserte prøver av kvartsittiske bergarter.

Kurvene for nefelinsyenitter og sørkedalitt (fig. 34 og prøve B 59 i fig. 29) ligger relativt godt samlet. Noen av prøvene inneholder

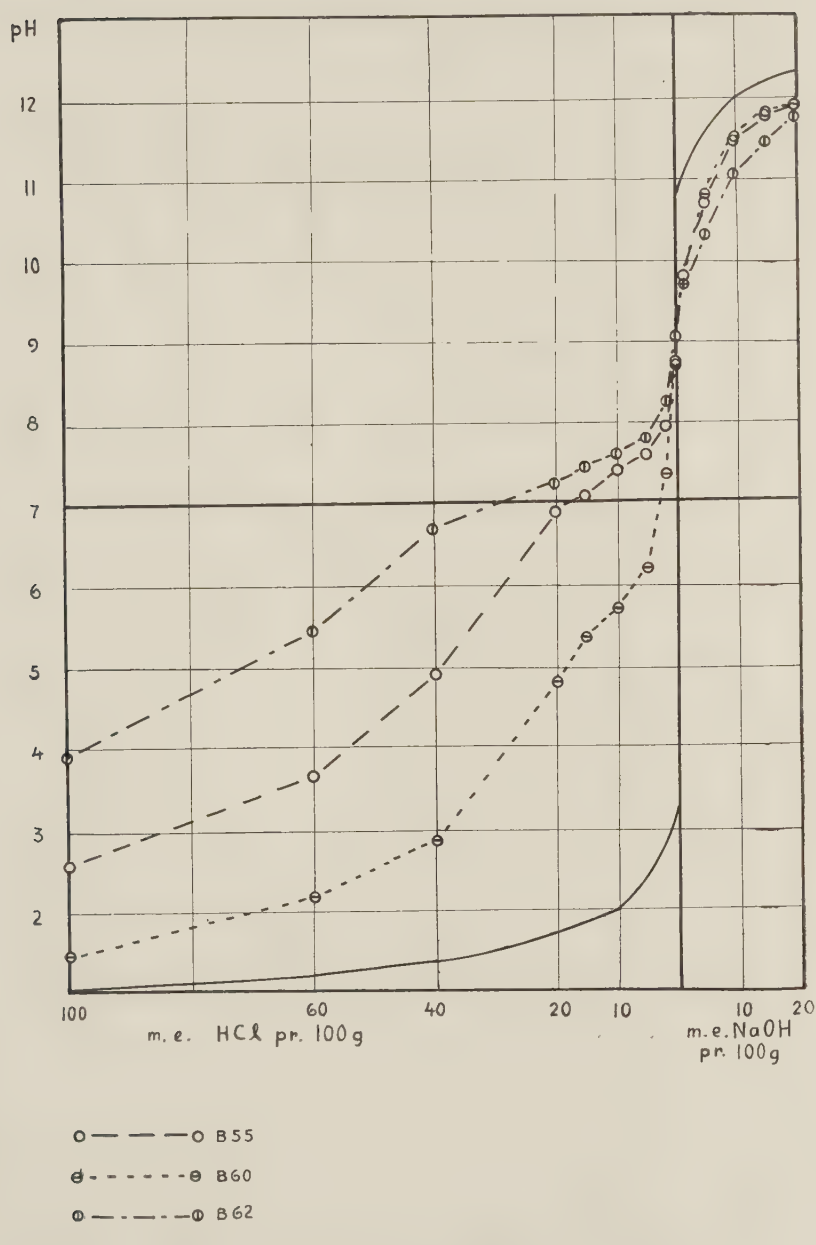


Fig. 40. Titreringskurver for pulveriserete prøver av amfibolitt og biotittskiifer.

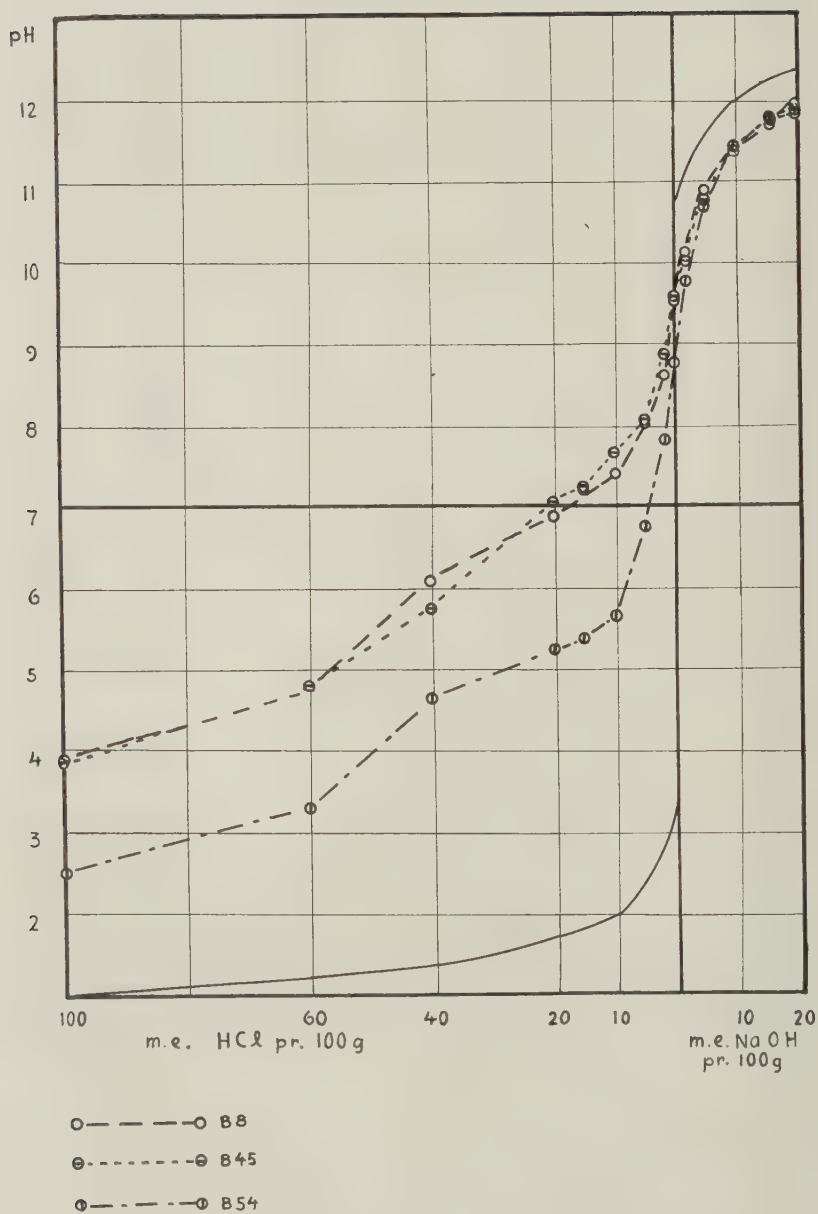


Fig. 41. Titreringskurver for pulveriserte prøver av biotittskifer og amfibolitt.

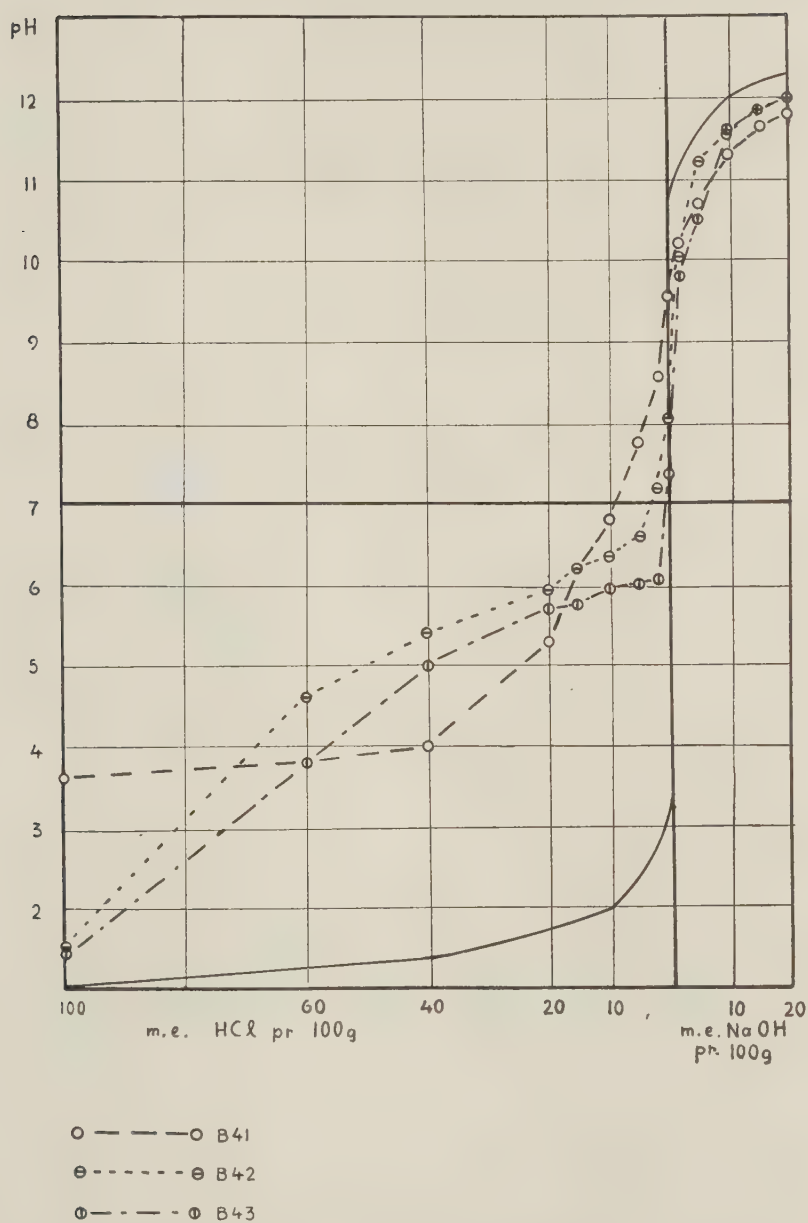


Fig. 42. Titreringskurver for pulveriserte prøver av muskovitt og kvarts med serisittinnblanding.

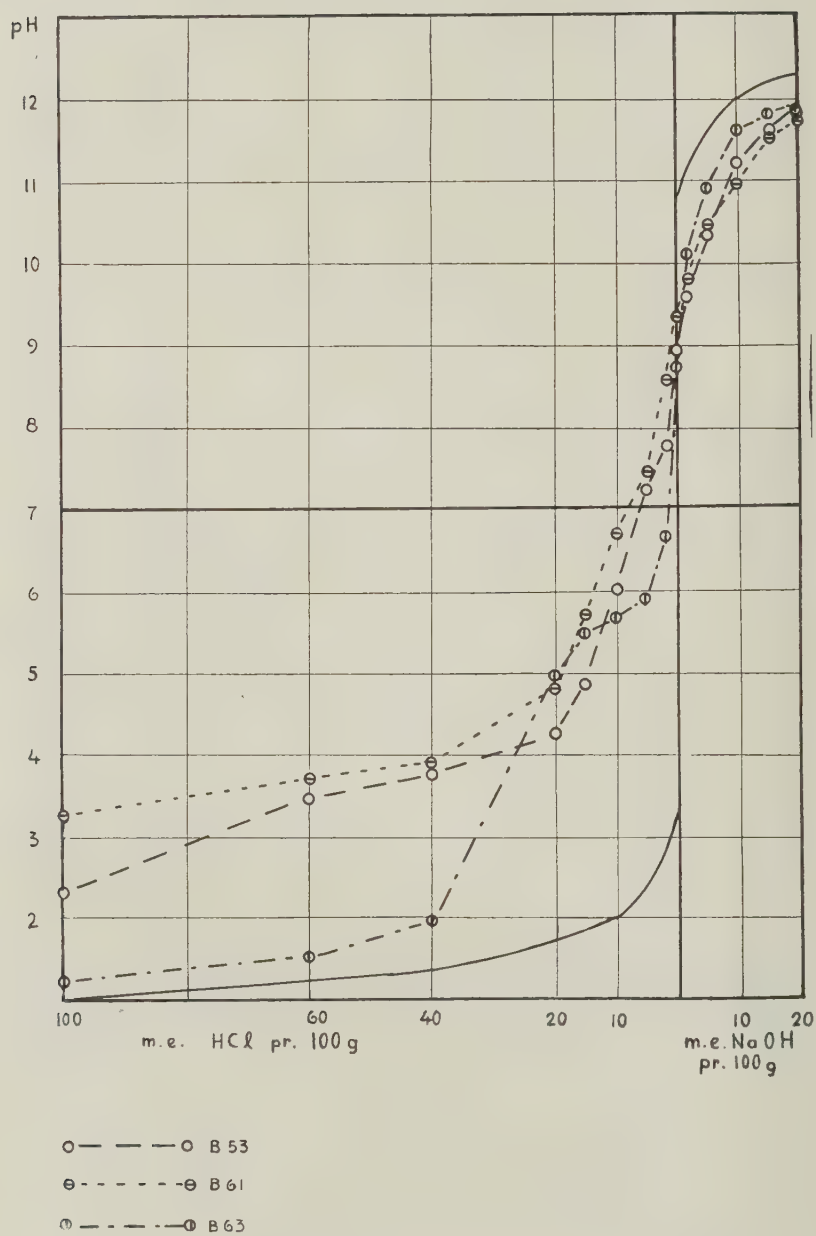


Fig. 43. Titreringskurver for pulveriserte prøver av muskovitt og mikroklin.

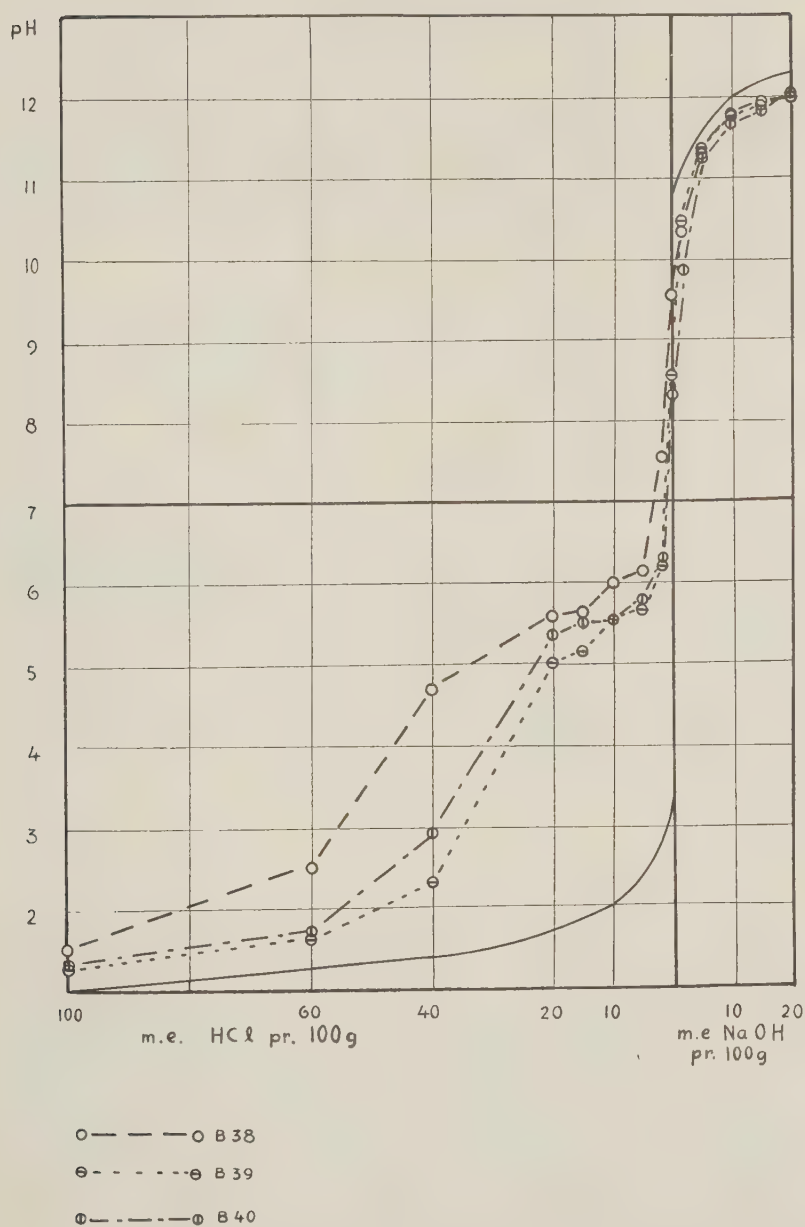


Fig. 44. Titreringskurver for pulveriserte prøver av mikroklin.

en del karbonat. Men uavhengig av karbonatinnholdet må pufferevnen mot syretilsetning sies å være stor i disse prøvene.

I noen av fyllittprøvene (fig. 35, 36 og 37) er det også karbonat, og prøvene av leirskifer (fig. 36 og 37) har stort karbonatinnhold. Det er derfor vanskelig å jamføre pufferevnen mot syretilsetning. Men i de to siste figurene legger en merke til at leirskiferprøvene viser stor motstandsevne mot reaksjonsforandring også når det gjelder luttilsetning. I noen av figurene foran er det tendens til at prøver med stor pufferevne mot syretilsetning også viser stor pufferevne når det blir tilsett lut.

For prøvene av sandstein og kvartsittiske bergarter (fig. 38 og 39) ligger kurvene påfallende høyt ved midlere syretilsetninger.

Skilnader mellom kurvene for amfibolittprøvene (fig. 40 og 41) henger sammen dels med ulikheter i karbonatinnholdet og dels med ulikheter i innholdet av biotitt.

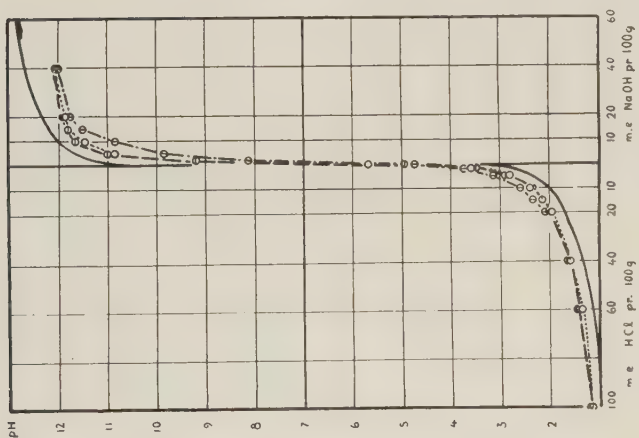
De tre prøvene av biotittskifer (fig. 40 og 41) har meget stor pufferevne mot syretilsetning. Det finnes karbonat i alle prøvene, men i B 8 er innholdet bare 14,6 m. e., og ved de største syretilsetningene må derfor det meste av pufferevnen tilskrives biotittmaterialet.

Kurvene for muskovittprøvene (fig. 42 og 43) viser relativt stor pufferevne, særlig ved de største tilsetningene av syre.

I fig. 42, 43 og 44 er tatt med noen prøver av kvarts og feltspat. Men de fleste prøvene var ikke reine. Særlig var det serisittinnblanding i kvartsen.

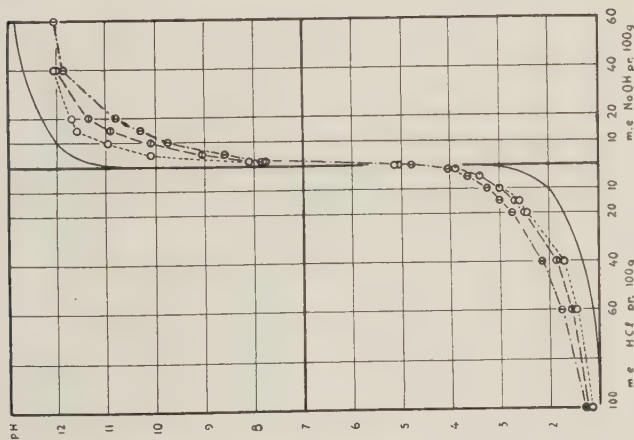
Titreringskurvene for prøvene av morenejord får et noe annet utseende, bl. a. fordi den aktuelle pH ligger så mye lavere. Fig. 45—49 gjelder jord av Oslofelt-eruptiver. I fig. 45 skiller M 4 seg ut med betydelig større pufferevne mot luttilsetning enn de øvrige. M 40 har noe større motstandsevne mot reaksjonsforandring enn de andre prøvene i fig. 46. I de tre neste figurene ligger kurvene svært tett.

I fig. 50—55 finner en titreringskurver for prøver av morenejord av fyllitt og leirskifer. Stort sett ligger kurvene også for disse prøvene svært tett. Med omsyn til pufferevne mot syretilsetning merker en at kurven for M 38 i fig. 54 skiller seg ut. pH ligger her ved små og middels store syremengder en del høyere enn for de andre prøvene. Men den har også relativt høy aktuell pH. En tendens til litt større motstandsevne mot reaksjonsendring ved midlere syretilsetning kan en også merke hos M 6 i fig. 50. Både M 38 og M 6 er moreneprøver av



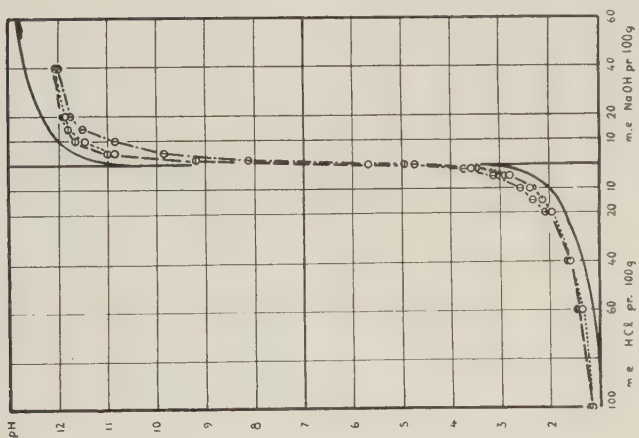
—○— M 4
- - -○- M 8
· · ·○· M 9

Fig. 45. Titreringskurver for morenejordprøver fra Oslofeltets eruptivområde.



—○— M 37
- - -○- M 40
· · ·○· M 42

Fig. 46. Titreringskurver for morenejordprøver fra nordmarkittområdet i Oslofeltet.



—○— M 44
- - -○- M 54
· · ·○· M 55

Fig. 47. Titreringskurver for morenejordprøver fra nordmarkitt-eikerittområdet i Oslofeltet.

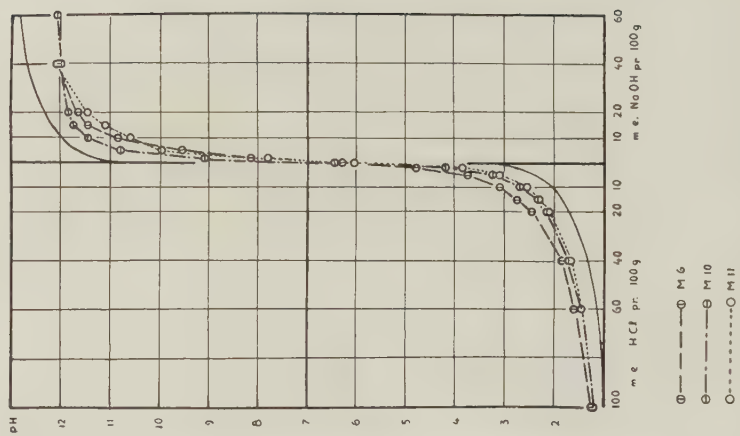


Fig. 48. Titreringskurver for morenejordprøver fra nordmarkitt-eikeritt-områder i Oslofeltet.

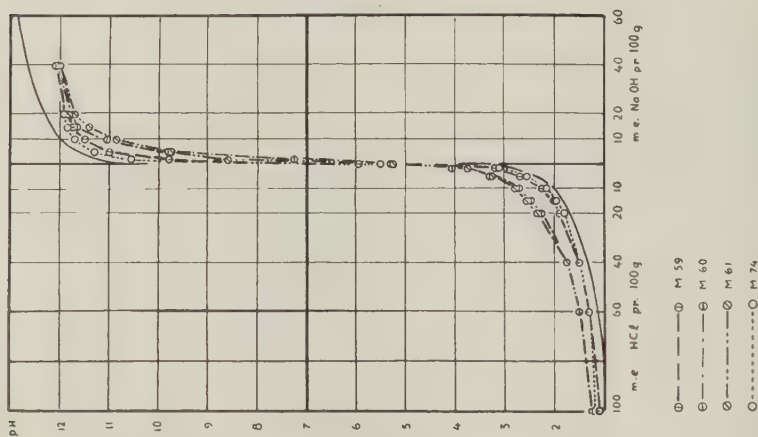


Fig. 49. Titreringskurver for morenejordprøver fra nordmarkitt-eikeritt-områder i Oslofeltet.

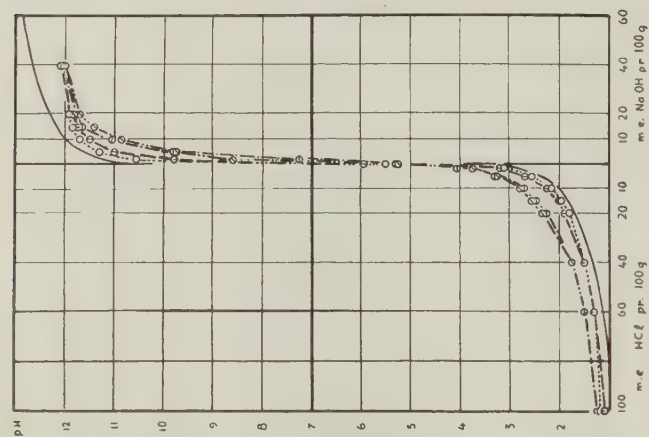


Fig. 49. Titreringskurver for morenejordprøver fra nordmarkitt-eikeritt-områder i Oslofeltet.

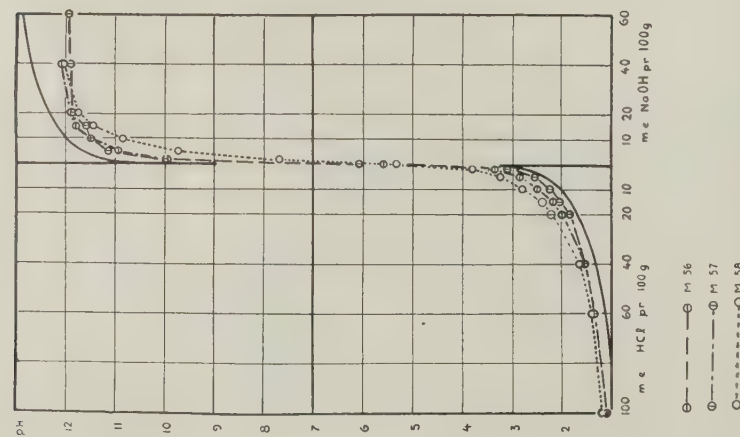
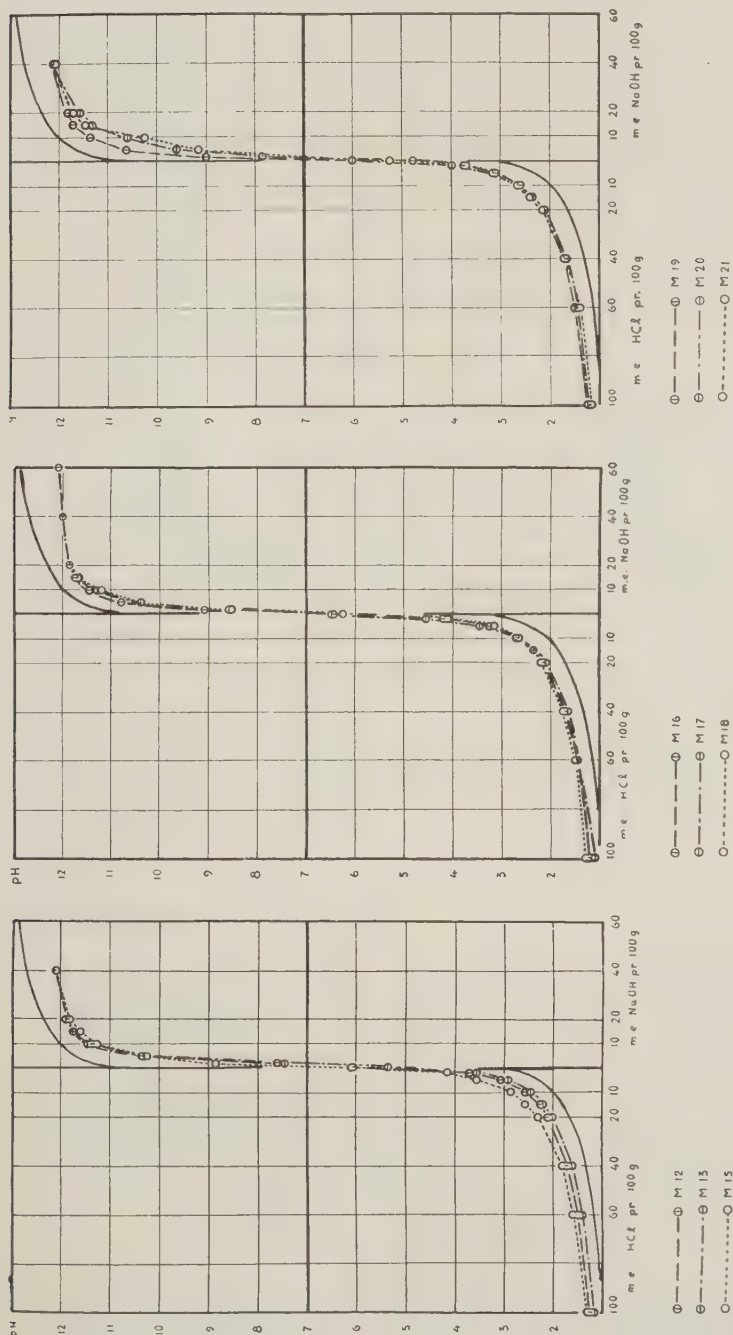


Fig. 50. Titreringskurver for morenejordprøver fra Oslofeltets sedimentområde og fyltittområdet i Valdres.



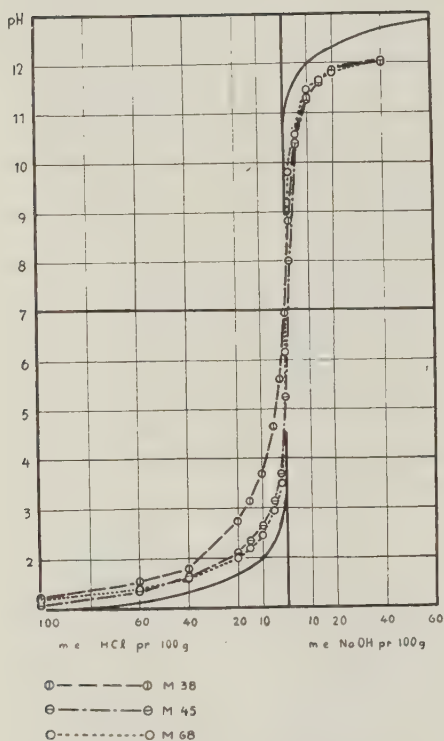


Fig. 54. Titreringskurver for morenejordprøver fra Oslofeltets sedimentområde og fyllittområdene i Meråker og i Valdres.

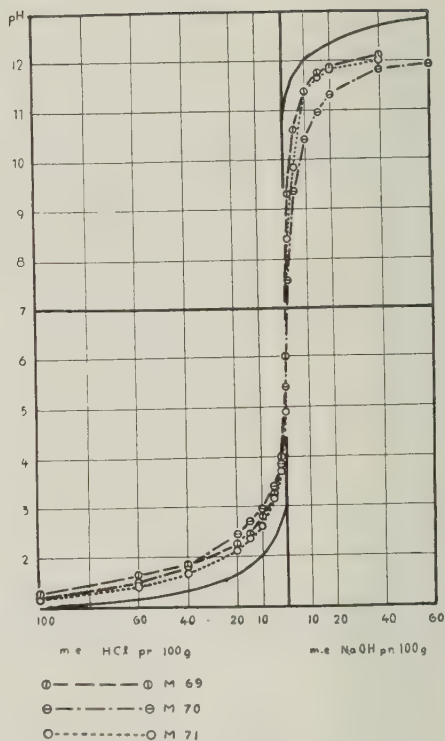


Fig. 55. Titreringskurver for morenejordprøver fra fyllittområdet i Valdres.¹⁾

leirskifer, og de har begge stor ombyttingskapasitet for katjoner. Ved luttilsetning viser f. eks. M 70 i fig. 55 relativt stor pufferevne.

Når en studerer disse kurvene, må en huske på at morenejordprøvene i forskjellig grad er umettet med omsyn til metallkatjoner. Men jeg mangler utstyr til elektrodialyse, og har altså ikke hatt høve til å lage titreringskurver for materiale der alle ombyttbare metallkatjoner er fjernet etter den alminnelige framgangsmåten.

¹⁾ Ved klisjéframstillingen er tall og tekst rundt figurene skrevet på, mens jeg hadde forutsatt trykning. (Merknad under korrekturlesing.)

Ved jamføring av titreringskurver kan en få inntrykk av forholdet mellom forskjellige prøver med omsyn til pufferevnen. For å få bedre mål for evnen til å motstå reaksjonsforandringer har jeg innført konstruering av pufferprosentkurver (LÅG 1945 a). Pufferprosenten er den prosentdel av tilsatte H- henholdsvis OH-joner som ikke gir endring i suspensjonens reaksjon. Ved konstruering av kurvene regnes denne prosenten ut for hvert trinn som svarer til intervallet mellom to fastlagte punkter på titreringskurven. Den avleste pH er brukt direkte som uttrykk for konsentrasjon. Det er altså ikke tatt omsyn til joneaktivitet. De utregnete tallene gjelder for suspensjoner med 1 vektdeel lufttørt materiale til 10 deler væske.

Pufferprosentkurvene for prøvene av pulveriserte mineraler og bergarter har mange viktige trekk felles. For alle disse prøvene er pufferprosenten ved minste syretilsetning over 99,9, og i alminnelighet har mindre enn 0,001 % av H-jonene gitt endring i suspensjonens reaksjon. De aller fleste prøvene har verdier større enn 99,9 % også for de to neste trinnene. Når en kommer opp i syretilsetninger på 15—20 og 20—40 m. e. pr. 100 g, synker ofte pufferprosentkurven en del, og som regel kommer den lavest i intervallet 60—100 m. e. Hos prøver med stort karbonatinnhold holder naturligvis pufferprosenten seg nær 100 også ved større tilsetninger av syre. Men en del karbonatfrie prøver og prøver med lite innhold av karbonat har også meget høye pufferprosentene ved de største syretilsetningene. Som eksempler kan nevnes B 8, B 15, B 59 og B 61, altså prøver både av biotittskifer, grovkornet kjelsåsitt, sørkedalitt og muskovitt. I alle disse prøvene er pufferprosentene over 98 selv ved de største syremengdene.

Det er gjennomgående mye mindre pufferprosenten ved luttilsetning enn ved syretilsetning. Bare et par av de utregnete prosentene har tallverdier over 99, og mindre enn tiendeparten av tallene ligger over 90.

I fig. 56, 58 og 59 finner en eksempler på pufferprosentkurver for bergartsmateriale.

Forløpet av pufferprosentkurvene for morenejordprøvene har en annen karakter. Ved minste syretilsetning er det bare tre av prøvene (M 6, M 38 og M 69) som har pufferprosent over 99,0. Svært ofte ligger den mellom 90 og 98, men hos grovkornet jord av eruptiver kommer den i flere høve mye lavere. Stort sett synker kurven sterkt mot

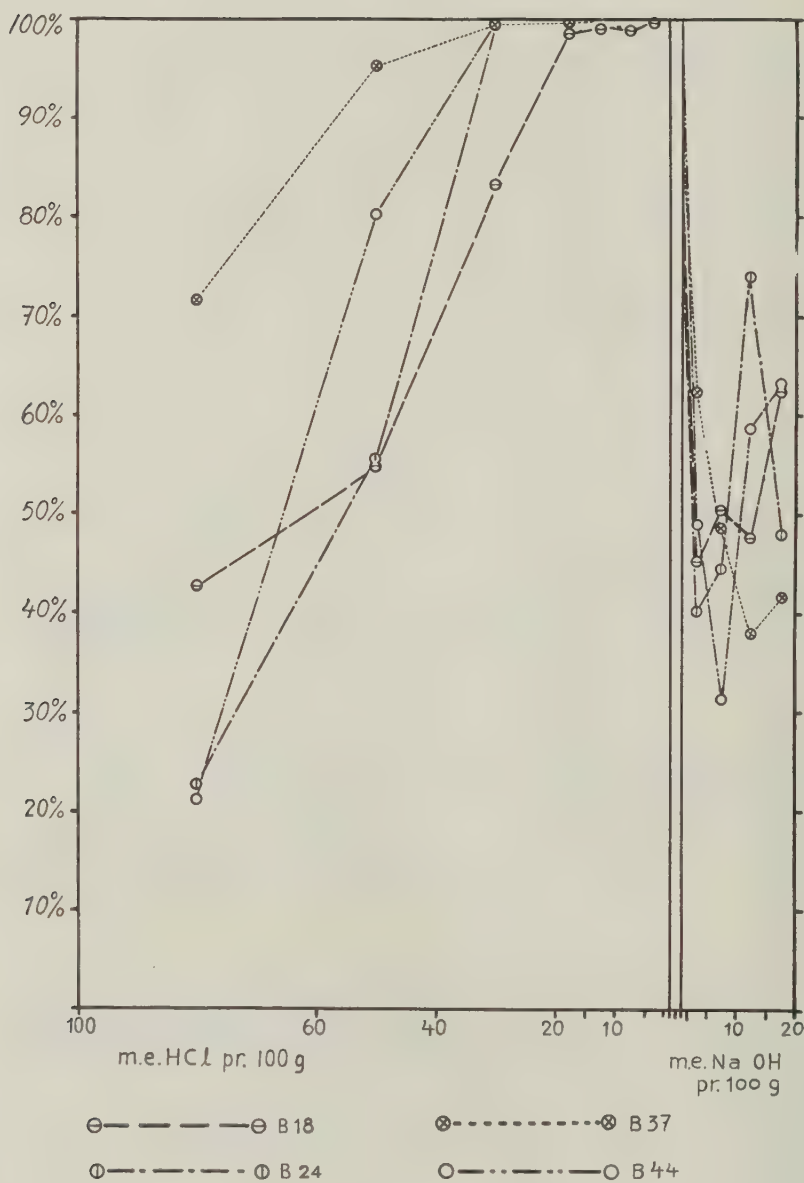


Fig. 56. Pufferprosentkurver for pulveriserte prøver av fyllitt og nordmarkitt-eikeritt.

større syretilsetninger, men til dels er det stigning for intervallet 60—100 m. e. pr. 100 g.

Ved minste luttilsetning har M-prøvene derimot i alminnelighet en pufferprosent på over 99,0. I de fleste tilfellene ligger pufferprosentene betydelig høyere for lut enn for syre også ved de største elektrolytt-tilsetningene.

I fig. 57 er tatt med pufferprosentkurver for 4 prøver av morenejord av nordmarkitt-eikeritt og fyllitt. Kurver for pulverisert materiale av de samme bergartene har en i fig. 56.

Eksempler på andre typer av pufferprosentkurver finnes i fig. 58. Pr. 2 er fra utvaskingssjiktet like under det humusholdige laget i et lyst gråleirprofil i Kajaskogen på Norges Landbrukshøgskoles eiendom. Pr. 4 er en prøve av godt formolda grasmyrortov i vestkanten av Åsmyra.

Det går altså fram av pufferprosent-utregningene at prøvene av morenejord av nordmarkitt-eikeritt og fyllitt har mindre pufferevne overfor syre og større pufferevne overfor lut enn det pulveriserte materialet av de samme bergartene.

Med tanke på gransking av prosesser i jordsmonnet har jeg planlagt og påbegynt laboratorieeksperimenter med utvasking av pulveriserte prøver av mineraler og bergarter. Til illustrering av endringer i pufferevnen, skal jeg gjengi resultater av et enkelt eksperiment med prøvene B 12 og B 17. 50 g ble ført over i stor trakt med dobbelt lag av hardt filterpapir. Det ble dryppet destillert vatn ned på materialet. I løpet av 24 døgn sivet 35 l vatn gjennom hver av de avveide prøvene. På forhånd var det pumpet atmosfærisk luft gjennom vatnet for at det skulle få et bestemt koldioksydinnhold. Både denne gjennomsivingen og tørkingen av prøvene etterpå foregikk ved alminnelig laboratorietemperatur. Det ble deretter utført bestemmelse av pH etter syre- og luttilsetning. I fig. 59 er gjengitt pufferprosentkurvene for B 12 og B 17, utregnet på grunnlag av bestemmelser før og etter behandling med vatn. Etter gjennomsiving av vatn var den aktuelle pH i de to prøvene sunket til henholdsvis 6,20 og 7,15.

For de minste syremengdene er det tydelig nedgang i pufferprosenten etter gjennomsiving av vatn, og tallene ligger lavere enn for praktisk talt alle de ubehandlede prøvene av bergartsmateriale. Men disse pufferprosenttallene ligger likevel så nær 100 at det er vanskelig å få vist skilnaden ved grafisk framstilling i liten målestokk. Ved større syretillsetninger er det uregelmessigheter.

Ved luttilsetning ligger pufferprosentkurvene overalt høyest for materialet som er behandlet med vatn.

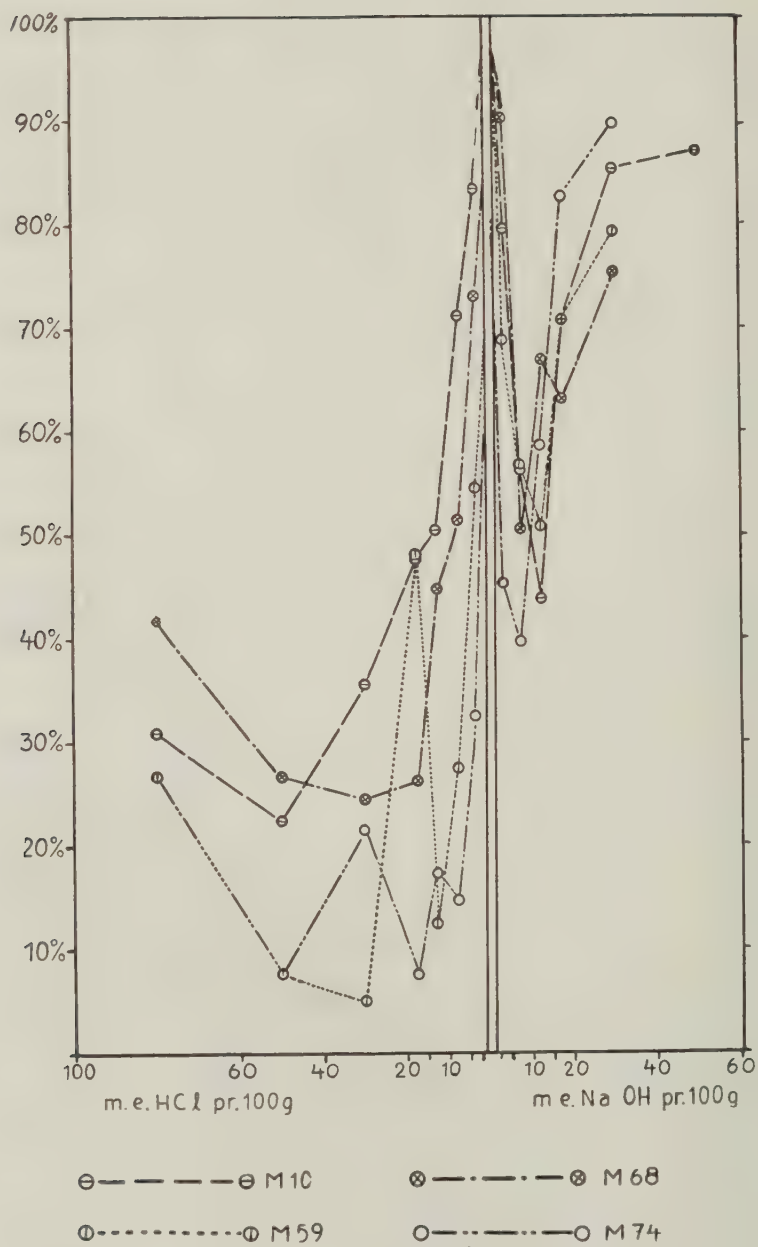


Fig. 57. Pufferprosentkurver for morenejordprøver av fyllitt og nordmarkitt-eikeritt.

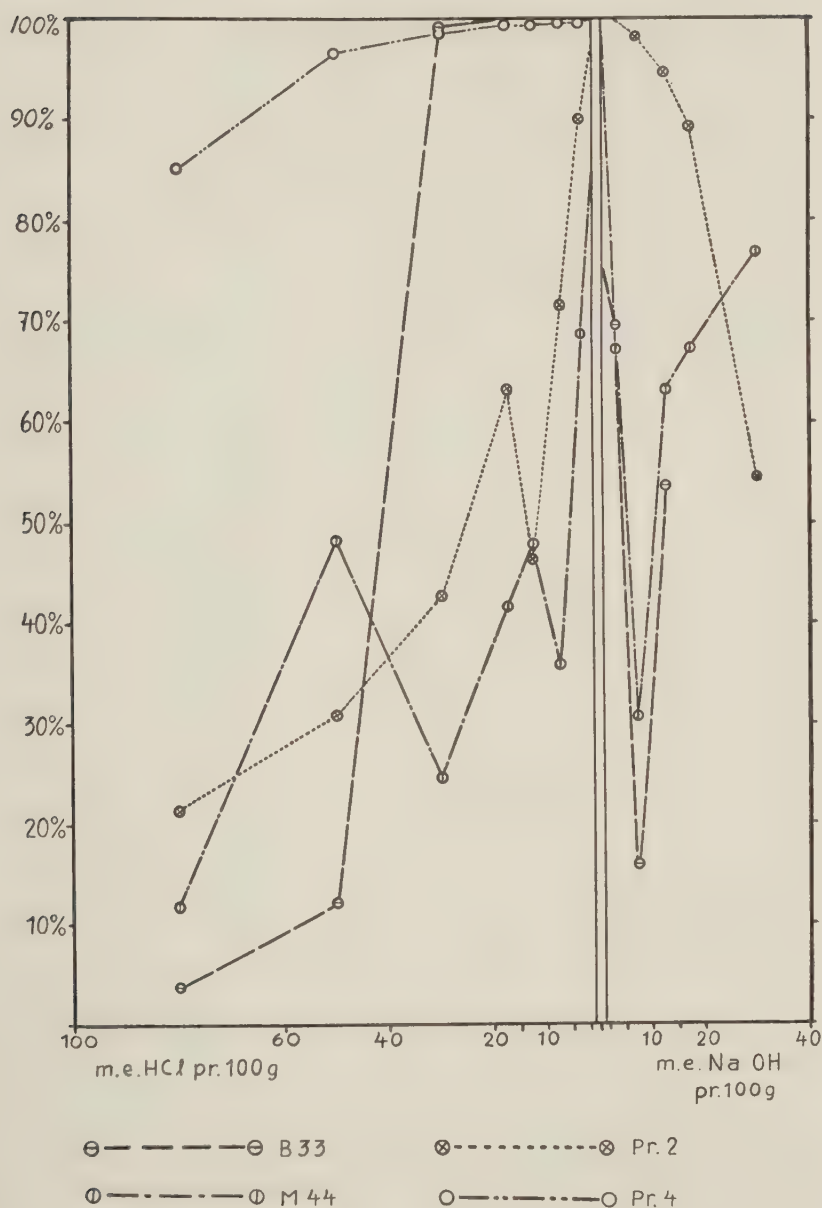


Fig. 58. Pufferprosentkurver for pulverisert prøve av kvartsitt, morenejord vesentlig av nordmarkitt og prøver av lys gråleire og grasmyrortov. Kurven for torvprøven (Pr. 4) etter luttilsetning kan ikke skilles fra linjen som markerer pufferprosenten 100.

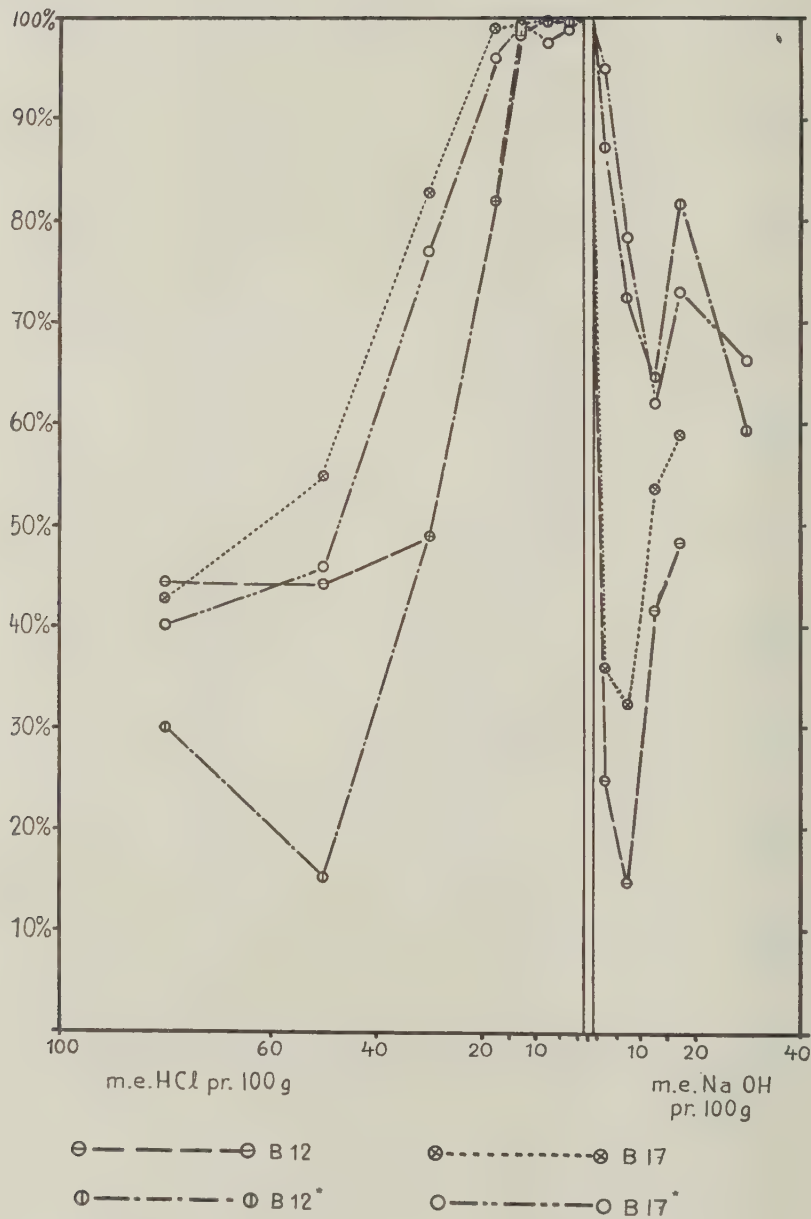


Fig. 59. Pufferprosentkurver for pulveriserte prøver av granitt og fyllitt, og for samme slags materiale (prøver merket med *) etter behandling med store mengder vatn.

Eksperimentet viser altså at ved utvasking med vatn endres egenskapene hos det pulveriserte bergartsmaterialet slik at pufferevnen svarer bedre til den en finner hos morenejorda.

Reaksjonen i nøytralsalt-oppløsninger.

Det har lenge vært kjent at jordsuspensjonen i alminnelighet får en annen pH når materialet er slemmet ut i en nøytral saltoppløsning enn når dispersjonsmidlet er bare vatn. Disse endringene i vannstoffjonekonsentrasjonen er brukt som mål for egenskaper til det kolloidale materialet. Særlig har den svenske jordbunnsforskeren Sante Mattson og hans medarbeidere i stor utstrekning brukt slike framgangsmåter ved studiet av kolloidenes amfotere karakter.

Ved planleggingen av undersøkelsene over sammenhengen mellom fjellgrunnen og morenematerialet reiste jeg spørsmålet om hvilken innflytelse nøytrale saltoppløsninger har på reaksjonen hos pulverisert, uforvitret bergartsmateriale. I pulveret av en krystallinsk bergartsprøve som er blitt finknust i tørr tilstand, vil hver enkelt partikkel ha sin primære mineralstruktur. Når pulveriseringen ikke fortsetter lenger enn til partikkeldiameter like under 0,088 mm, blir den samlede overflate relativt liten. Av alminnelige, krystallinske bergarter får en altså ikke kolloidalt materiale etter denne behandlingen.

Mineralene i de alminnelige bergartene inneholder ikke vannstoffjoner, og slikt mineralpulver skiller seg dermed ut fra det ordinære materialet i jordsmonnet. Derimot inngår det OH-joner i krystallgitteret til flere alminnelige mineraler. Som eksempel på dette kan nevnes glimmermineralene.

I de følgende figurene og tabellene blir det gjengitt resultater av en del pH-målinger i suspensjoner med vatn, 1 molær KCl og NaCl og 0,5 molær Na_2SO_4 , MgSO_4 , MgCl_2 og BaCl_2 . Det er brukt mengdeforholdet 1 vektdeel lufttørt materiale til 10 deler væske. Da det i enkelte høve har vært for lite pulverisert materiale, er det ikke utført slike analyser for alle prøvene.

Av fig. 60 får en et inntrykk av hvilke skilnader en kan få i pH ved dispergering av pulveriserte prøver av nordmarkitt-eikeritt og fyllitt i forskjellige medier. I tabell 36 er ført opp pH-verdiene for andre mineral- og bergartsprøver.

Tabell 36.

pH i suspensjoner med vatn, 1 molær KCl og NaCl og 0,5 molær Na₂SO₄, MgSO₄, MgCl₂ og BaCl₂.

Prøve nr.	H ₂ O	KCl	NaCl	Na ₂ SO ₄	MgSO ₄	MgCl ₂	BaCl ₂
B 12	8,60	8,70	8,70	9,10	8,00	7,60	7,55
B 35	8,90	8,60	8,65	9,20	7,90	7,60	7,60
B 11	9,10	9,15	9,00	9,05	7,80	7,55	7,45
B 22	8,60	8,85	8,70	9,25	8,00	7,40	6,70
B 25	8,65	8,50	8,30	9,05	7,80	7,55	7,45
B 26	8,65	8,80	8,80	9,20	8,00	7,60	6,85
B 14	9,25	8,90	8,95	9,30	8,20	7,90	7,55
B 20	8,75	8,55	8,60	9,25	7,95	7,65	7,10
B 28	9,10	8,90	9,00	9,35	8,25	7,85	7,15
B 29	9,00	8,75	8,55	9,25	7,85	7,60	7,75
B 9	9,30	9,05	9,40	9,55	8,15	8,10	8,25
B 34	8,95	8,80	8,80	9,20	8,40	8,00	7,05
B 46	9,20	8,45	8,50	9,10	8,05	7,75	7,00
B 48	9,20	8,55	8,45	8,95	7,85	7,55	7,00
B 49	8,80	8,45	8,55	9,05	8,15	7,75	7,00
B 50	8,75	7,90	8,45	9,15	7,45	7,25	7,25
B 51	8,95	8,25	8,30	9,15	7,60	7,50	7,10
B 52	9,65	8,85	8,90	9,20	8,20	7,95	7,40
B 59	9,45	8,00	9,25	9,70	7,65	7,35	7,70
B 58	9,20	9,00	8,75	9,30	7,95	7,65	7,05
B 56	8,45	8,20	8,30	8,60	7,65	7,40	6,95
B 57	8,65	8,35	8,35	8,90	8,00	7,75	7,10
B 16	9,00	9,40	9,40	9,60	8,30	8,00	7,00
B 31	9,85	9,85	9,90	9,95	8,35	8,15	7,20
B 32	8,45	8,30	8,45	8,90	8,00	7,55	7,20
B 33	7,90	7,55	8,35	8,60	7,50	7,00	6,60
B 47	8,80	8,75	8,70	9,05	8,00	7,70	7,60
B 54	9,50	9,15	9,00	9,60	7,75	7,45	7,40
B 55	9,10	9,20	9,15	9,55	8,20	7,85	7,25
B 60	9,25	9,00	8,95	9,50	7,50	7,10	7,00
B 8	9,20	8,75	8,85	9,10	8,00	7,70	7,70
B 45	9,50	8,95	9,10	9,35	8,10	7,80	6,95
B 62	9,40	8,70	8,95	9,30	7,80	7,55	7,40
B 41	9,60	8,00	8,40	8,25	7,95	7,70	7,25
B 53	8,95	8,20	8,10	8,30	7,50	7,25	7,25
B 61	9,70	8,30	8,40	8,60	7,60	7,35	7,65
B 38	9,50	9,20	9,35	9,40	7,95	7,60	7,75
B 40	8,75	8,65	8,55	8,80	7,50	7,40	6,90
B 63	9,15	9,05	8,95	9,20	7,25	7,25	6,25

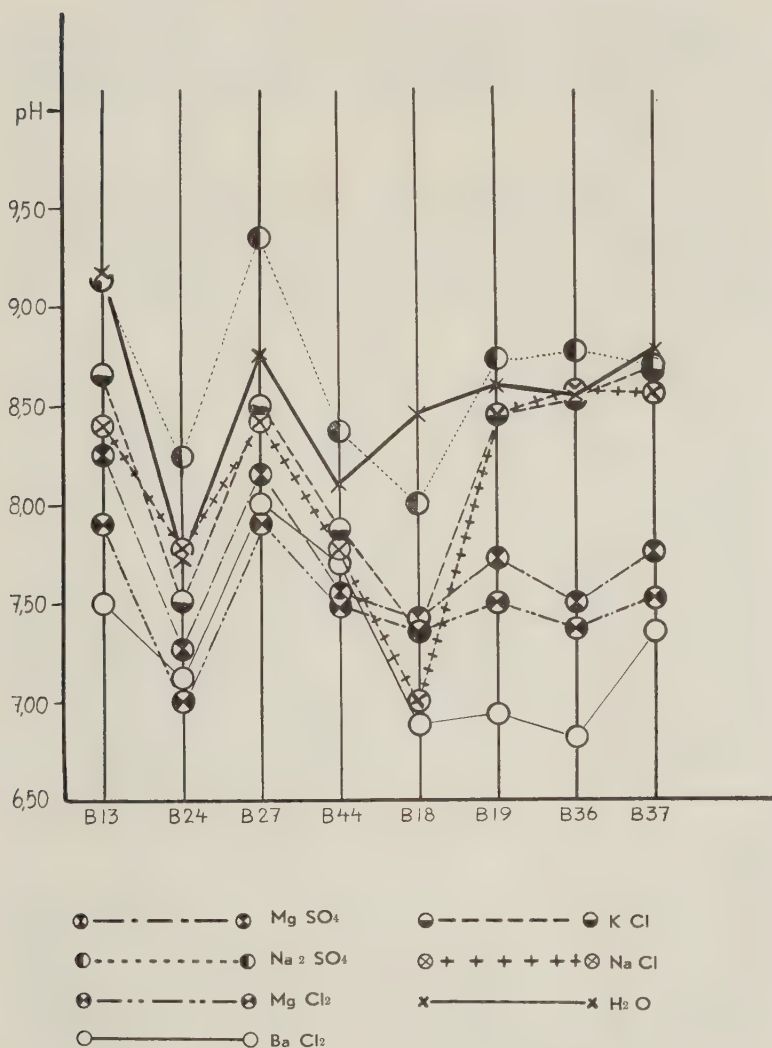


Fig. 60. Reaksjonen i oppslemninger av pulveriserte prøver av nordmarkitt-eikeritt og fyllitt i saltoppløsninger og i vatn.

Det er som regel meget god overensstemmelse mellom pH-verdiene i KCl- og NaCl-oppløsningene. Unntaksvis er det skilnader på en pH-enhet. Som oftest ligger pH lavere i oppslemningene i alkali-klorid-oppløsningene enn i vatn. Men skilnaden er i alminnelighet liten. Ser en på pH i KCl, finner en at 25 av de 47 prøvene har tall som ikke avviker mer enn 0,25 enhet fra pH-verdiene i oppslemningene

uten elektrolytt-tilsetning. I noen prøver er det avvikelser på fra 0,5 og oppover til omkring 1,5 pH-enheter. De største skilnadene finner en hos prøver av basalt, nefelinsyenitt, sørkedalitt, biotittskifer og muskovitt. En enkelt prøve av fyllitt (B 18) har også mye lavere pH i kaliumklorid enn i vatn.

Stort sett ligger pH mye lavere i suspensjonene med MgCl_2 og BaCl_2 enn med vatn. Som regel er pH noe lavere i BaCl_2 enn i MgCl_2 . Det er ikke mer enn 11 tilfelle der skilnaden mellom pH i vatn og i BaCl_2 er mindre enn 1,5, og i enkelte høve går forskjellen opp i 2,5—3,0 pH-enheter.

For de fleste prøvene er det høyere pH-verdier i Na_2SO_4 enn i vatn. Skilnaden er sjelden over 0,5 pH-enhet. 14 av de 47 prøvene har lavere pH i natriumsulfat enn i vatn. En legger merke til at dette gjelder alle prøvene av biotittskifer og muskovitt, altså prøver som også har sterk nedgang i pH ved tilsetning av alkaliklorider. For muskovittprøvene ligger pH-senkningen mellom 0,65 og 1,35.

Det er betydelig stigning i H-jonkonsentrasjonen i suspensjoner med MgSO_4 jamført med suspensjoner med vatn. I de fleste tilfellene ligger skilnaden i pH mellom 0,5 og 1,5, mens den i noen høve når opp til ca. 2 pH-enheter. MgSO_4 har samme anjon som Na_2SO_4 og samme katjon som MgCl_2 . Nivået for pH i MgSO_4 ligger mye nærmere det en har i MgCl_2 enn i Na_2SO_4 . Det later ellers til at variasjonen fra prøve til prøve følger nærmere MgCl_2 enn Na_2SO_4 . Magnesiumjonet skulle altså ha større innflytelse på reaksjonen enn sulfatjonet.

Ved jamføring mellom pH i oppslemningene i saltoppløsninger og forløpet av titreringskurvene kan en få et inntrykk av hvor store syretilsetninger pH-senkningene svarer til. Stigningene av pH i oppløsningene av enkelte salter er relativt ubetydelige, og de blir ikke drøftet nærmere i denne sammenhengen.

Den minste syretilsetningen som er brukt for konstruering av titreringskurvene (fig. 24—55), er 2 m. e. pr. 100 g materiale. For å få bedre anledning til å bedømme de minste pH-senkningene har jeg utført en del målinger av H-jonkonsentrasjonen ved så små syretilsetninger som 0,2 og 0,8 m. e. I tabell 37 er ført opp syremengdene, i m. e. pr. 100 g, som nedgangen i pH ved tilsetning av MgSO_4 og BaCl_2 tilsvarer. Da tallene er funnet ved interpolering, og pH i vass-suspensjonen ikke alltid stemmer overens for de to analyseseriene,

må en regne med at det kan knytte seg store feil til disse tallverdiene. Det er ikke påvist innhold av karbonat i noen av de prøvene som er med i tabellen.

Tabell 37.

Syremengder ved titrering, motsvarende pH-senkning i saltoppløsninger.

Prøve nr.	m.e. syre pr. 100 g materiale ved tilsetning av		Prøve nr.	m.e. syre pr. 100 g materiale ved tilsetning av	
	0,5 m. MgSO_4	0,5 m. BaCl_2		0,5 m. MgSO_4	0,5 m. BaCl_2
B 18	0,6	2,0	B 26	0,5	2,9
B 19	0,6	3,5	B 28	1,8	12,0
B 22	0,4	4,6	B 29	3,7	4,2
B 25	0,1	0,2			

Tallene i tabellen viser at det til dels må brukes store syremengder for å få så lav pH som i bariumklorid-suspensjonen. Jamfører en tallene også for de øvrige B-prøvene med titreringskurvene, finner en at ved utslemming i 0,5 m. BaCl_2 har omtrent 25 % av prøvene en pH-senkning som svarer til en syretilsetning på mer enn 10 m. e. pr. 100 g materiale. De store nedgangene i pH en finner i dette materialet, kan altså ikke forklares ved at det kan ha vært et lite overskudd av H-joner i oppløsningene av enkelte salter.

I fig. 61 og 62 og tabell 38 finner en resultater av tilsvarende pH-bestemmelser i prøver av morenejord. Typiske prøver av morenejord av nordmarkitt-eikeritt og av fyllitt er tatt med i de grafiske framstillingene, mens de andre prøvene finnes i tabellen.

For prøvene av morenejord av Oslofelt-eruptiver er det bra overensstemmelse mellom pH i KCl og NaCl. Et par prøver av morenejord av fyllitt har samme pH i de to alkalikloridene, men ellers er pH her lavere i KCl enn i NaCl. Til dels er denne skilnaden betydelig. Jamført med oppslemningene i de andre saltoppløsningene ligger pH i alkalikloridene meget lavt for alle prøvene.

I suspensjonene i natriumsulfat ligger pH gjennomgående høyt. Dels kommer pH-verdiene her på høyde med og litt over de en har for vassopslemningene, og dels ligger de en del under.

pH i BaCl_2 ligger lavt. I alminnelighet er pH-verdiene omtrent av samme størrelse som i KCl. Men for de mest typiske prøvene

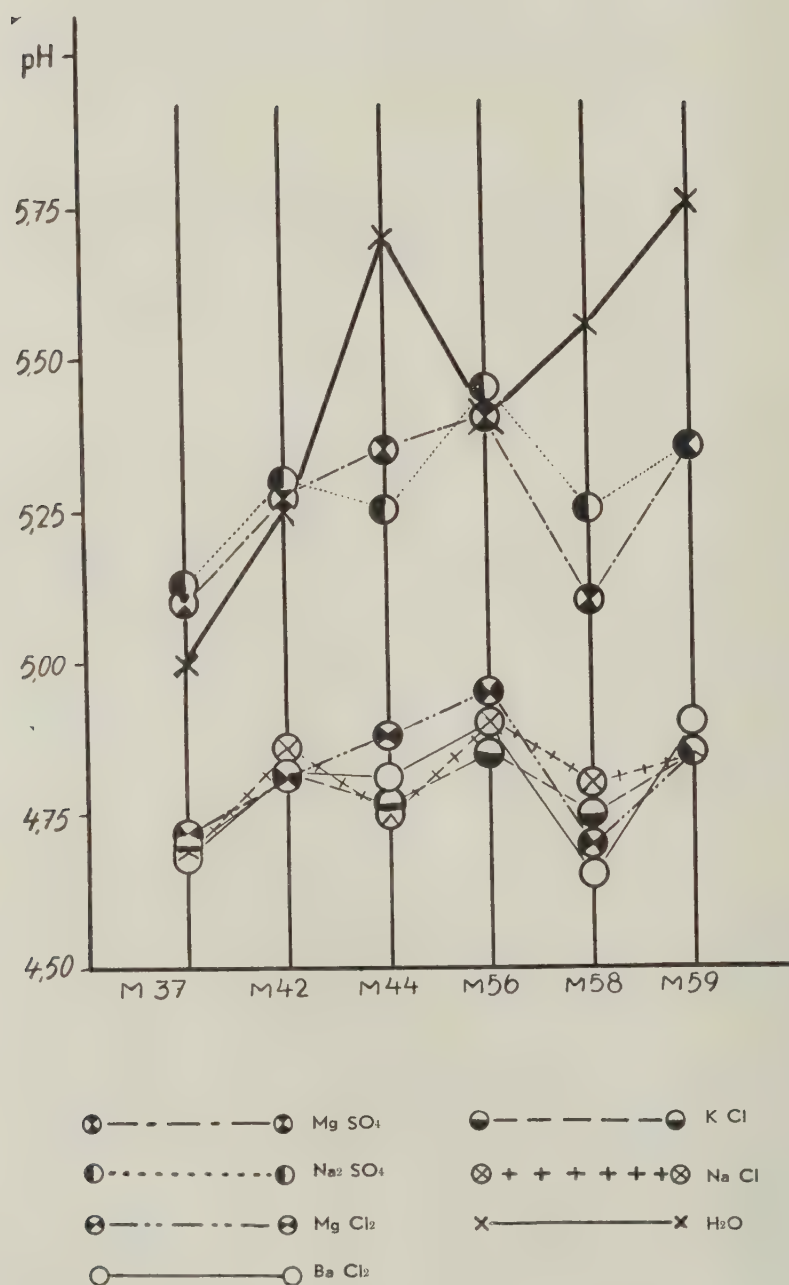


Fig. 61. Reaksjonen i oppslemninger av morenejord av nordmarkitt-eikeritt i saltoppløsninger og i vatn.

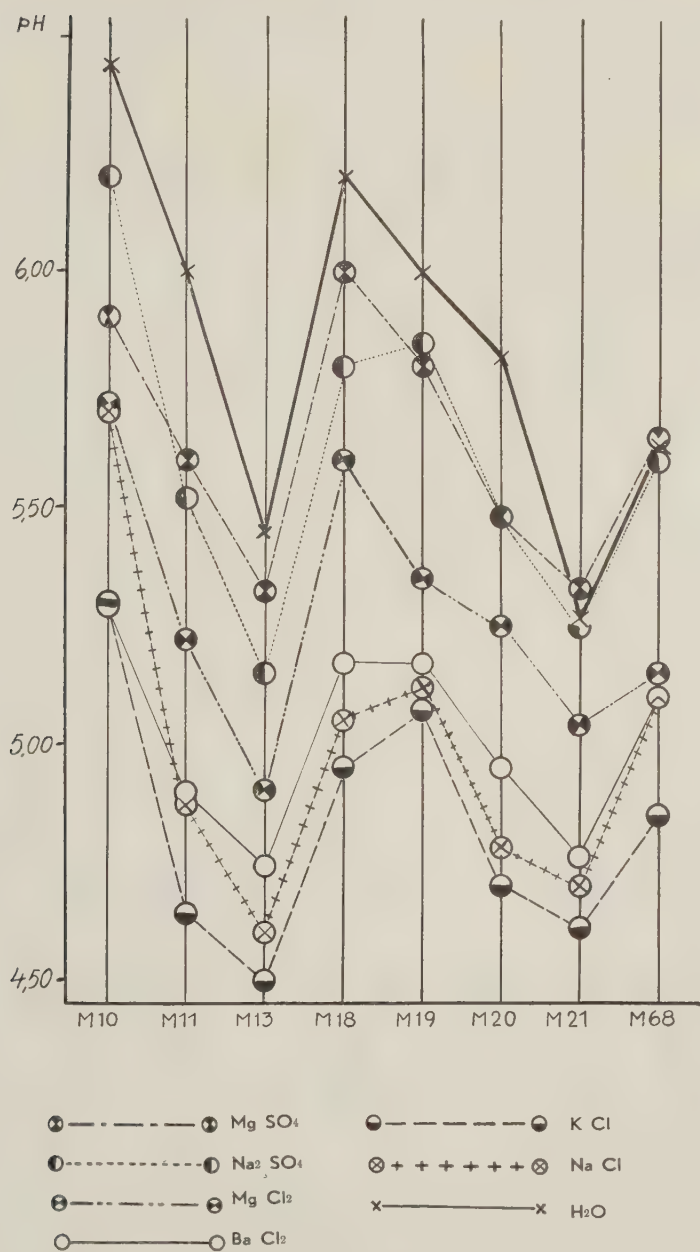


Fig. 62. Reaksjonen i oppslemninger av morenejord av fyllitt i saltopløsninger og i vatn.

av fyllittmorenejord er det tydelig tendens til at pH ligger høyere i BaCl_2 enn i KCl .

Tabell 38.

pH i suspensjoner med vatn, 1 molær KCl og NaCl og 0,5 molær Na_2SO_4 , MgSO_4 , MgCl_2 og BaCl_2 .

Prøve nr.	H_2O	KCl	NaCl	Na_2SO_4	MgSO_4	MgCl_2	BaCl_2
M 4	5,30	4,85	4,80	5,30	5,25	4,90	4,75
M 8	5,00	4,75	4,60	5,20	5,25	4,85	4,80
M 9	5,20	4,80	4,80	5,25	5,30	4,90	4,85
M 54	4,80	4,45	4,45	4,85	4,85	4,45	4,40
M 57	5,45	4,90	4,95	5,35	5,20	4,90	4,90
M 60	5,10	4,65	4,80	5,30	5,25	4,70	4,70
M 61	5,15	4,70	4,75	5,20	4,90	4,65	4,70
M 6	6,10	5,25	5,45	5,95	5,75	5,45	5,00
M 12	5,55	4,25	4,45	5,15	5,05	4,65	4,40
M 16	6,45	5,45	5,90	6,10	6,00	5,70	5,40
M 17	6,55	5,60	5,75	6,15	6,05	5,65	5,40
M 38	6,70	6,20	6,15	6,55	6,15	5,95	5,80
M 45	5,00	4,55	4,55	5,00	5,20	4,75	4,75
M 69	5,90	4,75	5,20	5,80	5,60	5,05	4,75
M 70	5,25	4,60	4,60	5,10	5,05	4,60	4,60
M 71	5,25	4,65	4,70	5,20	5,25	4,85	4,75

For prøvene av jord av Oslofelt-eruptiver er det ikke stor skilnad på pH i MgCl_2 og BaCl_2 . Men for fyllittmorenejorda ligger pH gjennomgående atskillig høyere i MgCl_2 enn i BaCl_2 og KCl .

I suspensjonene i MgSO_4 er det i alminnelighet høye pH-verdier. For de fleste prøvene er det ikke stor forskjell på pH i MgSO_4 og i Na_2SO_4 .

Det er utført sammenligninger mellom pH-senkningene ved tilsetning av syre og av KCl og BaCl_2 . For noen prøver er det dessverre betydelig skilnad på pH-verdien i vatn i de to seriene, så tallene ikke kan brukes til slike jamføringer. Blant prøvene av jord av Oslofelt-eruptiver finner en at KCl og BaCl_2 har gitt en pH-senkning som svarer til syremengder fra knapt 0,1 m. e. til vel 0,2 m. e. pr. 100 g. For fyllittjorda finner en tilsvarende verdier på fra ca. 0,2 til ca. 1,0 m. e., og tallene er altså gjerne litt høyere for KCl enn BaCl_2 .

Ved jamføring av pH i saltoppløsninger for prøvene av pulverisert bergartsmateriale på den eine sida og morenejord på den andre, finner en at stort sett ligger pH høyst i Na_2SO_4 , og i BaCl_2 ligger pH lavt i begge seriene. Morenep prøvene skiller seg ut ved å ha rela-

tivt høy pH i MgSO_4 . Det er stor forskjell mellom de to seriene av prøver med omsyn til pH i alkalikloridene. I prøvene av morenejord ligger pH i KCl i alminnelighet like lavt og til dels lavere enn i BaCl_2 , mens pH i prøvene av pulverisert bergartsmateriale ligger mye høyere i KCl enn i BaCl_2 .

SCHACHTSCHABEL (1940, 1941) har vist at glimmer har særlig stor evne til å ta opp kaliumjoner, og at tiltrekningsevnen er større overfor barium enn overfor magnesium. Virkningen av slike forhold merkes også i dette materialet.

Til rettleiing for kalkingsspørsmål blir det i Danmark brukt å bestemme pH i suspensjoner med 1 m. KCl, og det blir regnet at pH-verdien her ligger 1 enhet lavere enn i vass-suspensjoner (BONDORFF 1938 s. 554, LÅG 1947 c s. 18). Mattson og medarbeidere har offentliggjort mange jamføringer mellom pH-bestemmelser i vatn og i forskjellige saltoppløsninger. De har bl. a. vist at sammenlignet med vass-suspensjoner, ligger pH i saltoppløsningene høyere for rustjordlaget i podsolprofiler enn for undergrunnen. I noen høve er det ellers funnet at rustjorda har høyere pH i 1 m. KCl enn i vatn (MATTSON and LÖNNEMARK 1939). AALTONEN (1937, 1939, 1941) har lagt fram et stort tallmateriale fra lignende reaksjonsundersøkelser i jordprofiler i Finland.

Den alminnelige forklaringen på at en finner andre pH-verdier ved oppslemming av jord i nøytrale saltoppløsninger enn i vatn, har vært at saltets joner bytter plass med H- og OH-joner i kolloidmaterialet. Den ombyttingsprosessen som er i overvekt, blir bestemmende for om pH blir lavere eller høyere enn i vass-suspensjonen. Men ved disse undersøkelsene er det slått fast at det kan bli sterk senkning av pH ved oppslemming av pulver av bergarter eller bergartsdannende mineraler i oppløsninger av MgSO_4 , MgCl_2 og BaCl_2 . Da dette materialet ikke primært inneholder vannstoffjoner, kan følgelig ikke pH-nedgangen forklares som resultat av en enkel katjonombyttingsprosess, med direkte frigjøring av H-joner.

Det ligger nær å tenke på to vesensforskjellige forklaringsmåter for denne endringen i H-jonkonsentrasjonen: 1) Ved salttilsetning er det frigjort jern- og aluminiumjoner fra mineralene, og ved at de reagerer med OH-joner i vatnet, senkes pH. 2) Mineralpulveret tar opp H-joner fra vatnet ved katjonombytting, men ved salttilsetning kan denne prosessen bli mer eller mindre hindret.

Det har tidligere vært ført omfattende diskusjoner om muligheten for senkning av pH ved frigjøring av jern- og aluminiumjoner ved salttilsetning. Oversikt over dette spørsmålet finnes f. eks. hos KAPPEN (1929). Da jeg håper å få høve til å legge fram et fyldigere materiale seinere, skal jeg ikke her gå nærmere inn på disse spørsmålene.

Analysematerialet foran egner seg ikke som grunnlag for drøfting av den aktuelle pH fordi det ikke er brukt det alminnelige mengdeforholdet mellom jord og vatn. Men en kan peke på at i suspensjonene av pulveriserte mineraler og bergarter i vatn er reaksjonen alltid alkalisk, mens pH ligger under 7,0 i morenejordprøvene både av nordmarkitt-eikeritt og fyllitt. Særlig i morenejorda av disse Oslofelt-eruptivene ligger pH lavt. Mange av de undergrunnsprøvene som er analysert tidligere i Norge, er tatt ut i liten dybde (LÅG 1947 c s. 52). Men alle prøvene i dette materialet er tatt i så stor avstand fra jordoverflaten at en ikke kan vente å finne høyere pH i større dybde.

c. Ombyttbare katjoner.

Som mål for mengden av ombyttbare metallkatjoner i prøvene av mineraler, bergarter og morenejord blir summen av Ca, Mg, K og Na ført opp i tabellene 39—51.

Ved studiet av saltoppløsningenes innflytelse på reaksjonen ble det også utført en del pH-målinger i suspensjoner med 1 m. NH_4Cl . Oppslemningene av B 8 og B 9 fikk en vakker blåfarge som antydte at det var dannet tetramminkuprijoner. I filtratet for bestemmelse av ombyttbare katjoner ble det for disse prøvene også utført kopperanalyse, og det viste seg at det var blitt frigjort store mengder kopper. Det går fram av tabellene at enkelte bergartsprøver også inneholder mye jern som kan ekstraheres med NH_4Cl .

Alle prøvene av morenejord har sur reaksjon. Som uttrykk for innhold av H-joner er det i tabell 50 og 51 ført opp den lutmengden som må til for å heve pH til 7,0. I denne sammenhengen er det utført en del pH-bestemmelser etter mindre luttilsetninger enn de som er brukt for konstruering av titeringskurvene. Men de verdiene som er ført opp i tabellene, er funnet ved interpolering. En må derfor regne med at det kan hefte seg store feil til disse tallene.

Tabell 39.

Ombyttbare katjoner i grunnfjellgranitt og gneisbergarter.

Prøve nr.	m. e. pr. 100 g tørrstoff, ombyttbart med 1 m. NH_4Cl					Ca oppløst i 10 % NH_4Cl . Beregnet som % CaO av tørrstoffet
	Ca	Mg	K	Na	Sum	
B 12	1,61	0,40	0,85	0,13	2,99	—
B 23	1,60	0,57	0,84	0,70	3,71	—
B 35	1,14	3,67	0,66	0,58	6,05	—
B 1	—	—	—	—	—	0,390
B 5	—	—	—	—	—	0,064
B 6	—	—	—	—	—	0,025
B 7	—	—	—	—	—	0,332

Det er altså utført fullstendige analyser bare av tre prøver av grunnfjellgranitt. Dessuten er mengden av såkalt ammoniumklorid-oppløselig kalk bestemt i tre gneisbergarter og en gneisgranitt.

Mengdene av ombyttbart kalsium og kalium stemmer ganske bra overens for de to prøvene av Østfold-granitt (B 12 og B 35) og granitt-prøven fra Tangen. Magnesiuminnholdet ligger svært høyt i B 35. Mengdene av kalsium som er oppløselig i 10 % NH_4Cl , ligger høyt for prøven av gneisgranitt og distengneis fra Nesodden, men særlig lavt for leptittgneisprøven fra det samme området.

Tabell 40.

Ombyttbare katjoner i nordmarkitt-eikeritt.

Prøve nr.	m.e. pr. 100 g tørrstoff, ombyttbart med 1 m. NH_4Cl						Ca oppløst i 10 % NH_4Cl . Beregnet som % CaO av tørrstoffet
	Ca	Mg	K	Na	Sum	Fe(2)	
B 10	—	—	—	—	—	—	0,099
B 13	3,21	0,00	1,46	0,03	4,70	—	—
B 24	0,35	5,92	1,92	1,22	9,41	—	—
B 27	3,84	3,04	0,18	0,57	7,63	—	—
B 30	0,25	2,14	0,33	0,87	3,59	—	—
B 44	0,89	1,88	0,64	0,45	3,86	3,03	—

Variasjonene i forholdet mellom forskjellige katjoner er meget store i prøvene av nordmarkitt-eikeritt. Det er ellers betydelig forskjell i strukturen hos de forskjellige bergartsprøvene. B 13 og B 27 hører til de relativt grovkornete nordmarkitt-typene, mens de andre er mer finkornete. Heilt avvikende mengdeforhold mellom de ombyttbare

katjonene finner en i B 13. Tilsammen utgjør kalsium og kalium vel 99,3 % av summen. For de øvrige prøvene merker en seg at innholdet av ombyttbart magnesium ligger relativt høyt. Det er liten forskjell mellom prøven av granitt (B 44) og de alminnelige syenittprøvene.

Tabell 41.

Ombyttbare katjoner i larvikitt-kjelsåsitt-rekkens dypbergarter.

Prøve nr.	m. e. pr. 100 g tørrstoff, ombyttbart med 1 m. NH ₄ Cl					Ca oppløst i 10 % NH ₄ Cl. Beregnet som % CaO av tørrstoffet
	Ca	Mg	K	Na	Sum	
B 2	—	—	—	—	—	0,06
B 11	3,42	0,79	0,68	0,10	4,99	—
B 15	3,16	2,63	0,92	1,78	8,49	—
B 22	2,54	0,33	1,18	0,17	4,22	—
B 25	0,75	3,37	1,33	1,04	6,49	—
B 26	3,09	2,06	0,51	0,44	6,10	—

Summen for de ombyttbare katjoner er av noenlunde samme størrelsesorden for alle prøvene av larvikitt-kjelsåsitt-rekkens dypbergarter, men det er meget store variasjoner i forholdet mellom de forskjellige slags joner. Jamført med foregående gruppe, ligger det relative kalsiuminnholdet noe høyere. Bare i B 25 er innholdet av magnesium større enn av kalsium. Variasjonen er minst for kalium.

De to prøvene av særlig grovkornet kjelsåsitt (B 15 og B 22) skiller seg ikke nevneverdig ut fra de øvrige.

Tabell 42.

Ombyttbare katjoner i rombeporfyrbergarter.

Prøve nr.	m. e. pr. 100 g tørrstoff, ombyttbart med 1 m. NH ₄ Cl					Ca oppløst i 10 % NH ₄ Cl. Beregnet som % CaO av tørrstoffet
	Ca	Mg	K	Na	Sum	
B 3	—	—	—	—	—	0,410
B 14	5,35	0,00	1,42	0,39	7,16	—
B 20	10,38	0,82	0,84	0,39	12,43	—
B 21	5,94	0,16	1,30	0,26	7,66	—
B 28	8,53	2,14	0,18	0,26	11,11	—
B 29	5,19	2,30	0,00	1,35	8,84	—

Gjennomgående ligger summen for ombyttbare katjoner noe høyere for rombeporfyr enn for de foregående bergartsgruppene. Ingen av prøvene i tabellene 39—41 har så store mengder ombyttbart kalsium som disse rombeporfyrprøvene. I B 14 og B 20 er det betydelige mengder kalsiumkarbonat (se tabell 35, s. 126). Men ved den framgangsmåten som er brukt her, skulle det ikke oppløses nevneverdig av kalsiumkarbonat under ombyttingsprosessen (JENSEN 1936, DAMS-GAARD-SØRENSEN 1941). Mengden av ombyttbart kalsium ligger ellers nesten like høyt, både absolutt og relativt, i prøvene B 21, B 28 og B 29 som ikke har noe innhold av kalsiumkarbonat.

Tabell 43.

Ombyttbare katjoner i basaltbergarter (Oslo-essexittenes lavabergarter).

Prøve nr.	m. e. pr. 100 g tørrstoff, ombyttbart med 1 m. NH_4Cl						
	Ca	Mg	K	Na	Sum	Fe(2)	Cu
B 9	2,07	2,98	0,85	0,48	6,38	—	12,98
B 34	11,99	0,99	0,42	0,23	13,63	1,98	—
B 46	13,02	3,17	0,70	0,65	17,54	—	—
B 48	4,74	3,87	2,08	0,39	11,08	—	—
B 49	12,41	3,17	0,74	0,32	16,64	—	—

Summen av ombyttbare katjoner ligger stort sett høyt i basaltbergartene, og det er betydelig variasjon i mengdeforholdet mellom de forskjellige slags katjoner. Det er påvist karbonatjoner i alle disse prøvene, men i B 9 og B 48 er mengdene små. Innholdet av kalium ligger i alle prøvene høyere enn natriuminnholdet. Særlig mye kalium er det i B 48.

Tabell 44.

Ombyttbare katjoner i sørkedalitt og nefelinsyenitt.

Prøve nr.	m. e. pr. 100 g tørrstoff, ombyttbart med 1 m. NH_4Cl						
	Ca	Mg	K	Na	Sum	Fe(2)	
B 50	1,14	1,93	0,87	0,86	4,80	0,38	
B 51	2,57	2,38	1,02	2,61	8,58	0,69	
B 52	1,14	2,38	1,76	3,52	8,80	0,98	
B 59	1,25	1,98	1,06	0,47	4,76	—	

Innholdet av natrium er meget stort i de to prøvene av nefelin-syenitt. Kaliuminnholdet ligger også høyt. I alle fire prøvene er det relative innholdet av summen av de enverdige jonene meget stort.

Tabell 45.

Ombyttbare katjoner i fyllitt og leirskifer.

Prøve nr.	m. e. pr. 100 g tørrstoff, ombyttbart med 1 m. NH_4Cl				
	Ca	Mg	K	Na	Sum
B 17	6,94	0,25	0,26	0,70	8,15
B 18	1,10	0,41	2,34	0,35	4,20
B 19	0,95	1,23	1,10	0,17	3,45
B 36	3,42	2,48	0,85	0,29	7,04
B 37	2,43	2,48	1,76	0,32	6,99
B 58	10,77	1,98	1,49	0,60	14,84
B 56	5,95	2,44	2,56	0,03	10,98
B 57	14,93	1,50	3,42	0,35	20,20

For de fem fyllittprøvene fra Valdres er summen av ombyttbare katjoner omtrent av samme størrelsesorden som for prøvene av granitt, nordmarkitt og larvikitt-kjelsåsitt. De to prøvene av leirskifer (B 56 og B 57) har relativt stort innhold av ombyttbare katjoner. I begge disse prøvene er det mye kalsiumkarbonat. Fyllittprøven B 58 fra Trøndelag inneholder også store mengder ombyttbare katjoner. I de fleste prøvene er det større innhold av kalsium enn magnesium. Til dels er det meget store skilnader mellom tallene for disse to stoffene. Kaliuminnholdet veksler sterkt. I de fleste tilfellene er tallene store. Innholdet av natrium er i alminnelighet lite, men for B 17 ligger analysetallet høyere enn for kalium og magnesium.

Tabell 46.

Ombyttbare katjoner i sandstein og kvartsittiske bergarter.

Prøve nr.	m. e. pr. 100 g tørrstoff, ombyttbart med 1 m. NH_4Cl					
	Ca	Mg	K	Na	Sum	Fe(2)
B 16	7,58	2,06	0,74	1,22	11,60	—
B 31	6,99	0,50	0,72	0,29	8,50	0,79
B 32	6,53	0,05	0,79	0,26	7,63	—
B 33	1,25	0,99	0,45	0,26	2,95	2,37
B 47	3,42	2,18	2,72	0,13	8,45	—

Med unntak av kvartsittprøven merket B 33, ligger summen av ombyttbare katjoner påfallende høyt. Innholdet av kalsium er større enn magnesiuminnholdet i alle prøvene.

Tabell 47.

Ombyttbare katjoner i amfibolitt.

Prøve nr.	m. e. pr. 100 g tørrstoff, ombyttbart med 1 m. NH_4Cl					
	Ca	Mg	K	Na	Sum	Fe(2)
B 54	1,71	5,36	4,25	0,68	12,00	0,65
B 55	9,31	0,89	1,04	0,89	12,13	—
B 60	1,85	1,39	0,21	0,00	3,45	—

Summen av de ombyttbare katjonene ligger høyt for de to første amfibolittprøvene. Forholdet mellom de forskjellige slags joner veksler sterkt. En legger merke til at innholdet av ombyttbart kalium er mer enn 4 m. e. i B 54.

Tabell 48.

Ombyttbare katjoner i biotittskifer og muskovitt.

Prøve nr.	m. e. pr. 100 g tørrstoff, ombyttbart med 1 m. NH_4Cl					
	Ca	Mg	K	Na	Sum	Cu
B 8	7,10	8,93	6,16	0,52	22,71	3,54
B 45	9,13	3,27	4,63	0,45	17,48	—
B 62	9,70	5,33	1,80	0,71	17,54	—
B 41	0,96	2,93	4,50	3,23	11,62	—
B 53	1,62	2,54	4,58	1,43	10,17	—
B 61	0,50	4,60	12,74	1,01	18,85	—

Som en kunne vente, er det et stort innhold av ombyttbare katjoner i prøvene av biotittskifer og muskovitt. Summen varierer mellom 10 m. e. og 23 m. e. Særlig interesse knytter det seg til kaliuminnholdet. Med unntak av en prøve av biotittskifer ligger mengdene av ombyttbart kalium over 4 m. e. I prøven merket B 61 når kaliuminnholdet opp i nesten 13 m. e.

For å få en oversikt over mengdeforholdet mellom ombyttbart Ca, Mg, K og Na har jeg regnet ut gjennomsnittene av prosenttallene for alle bergartsprøvene. Tallene i tabell 48 er ikke tatt med, da de gjelder prøver av reint eller nesten reint glimmer. Spredningen bak

gjennomsnittene er meget stor, så tallene bare kan gi en antydning om forholdet mellom katjonene. Det relative innholdet av de fire stoffene, regnet i ekvivalenter, er gjengitt i fig. 63.

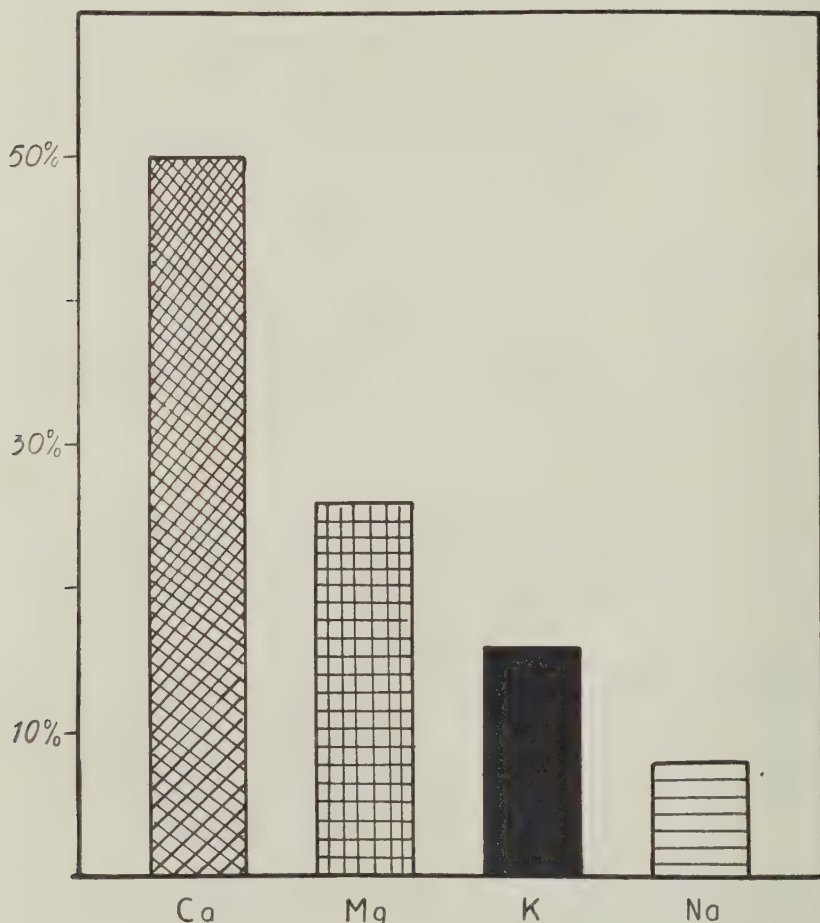


Fig. 63. Gjennomsnittlig mengdeforhold mellom ombyttbare metallkatjoner i bergartsprøvene.

Med avrundete tall er forholdet mellom mengdene av Ca, Mg, K og Na i gjennomsnitt som 6:3:2:1.

I fig. 64 er representanter for forskjellige bergartsgrupper stilt sammen for å vise grafisk ulikheter både i totalinnhold av ombyttbare katjoner og fordeling mellom de forskjellige jonene.

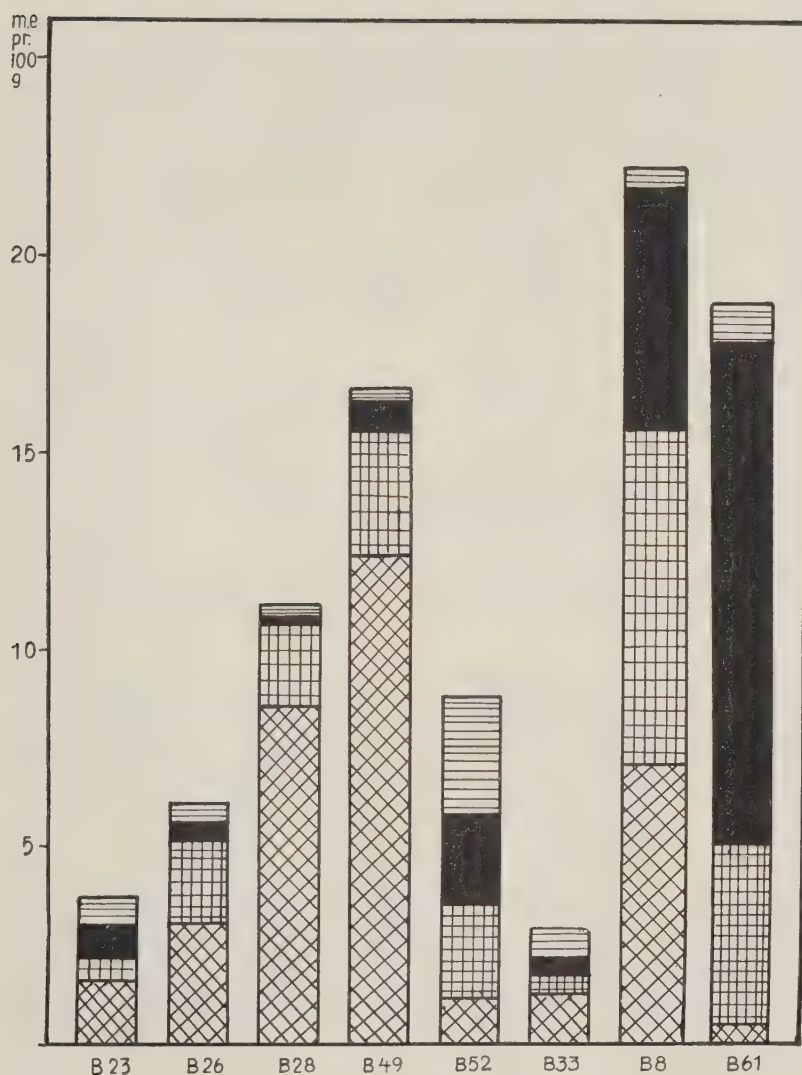


Fig. 64. Ombyttbare metallkationer i pulveriserte prøver av mineraler og bergarter. Samme signatur som i fig. 63.

Til jamføring med summene for ombyttbare kationer kan nevnes at ombyttingskapasiteten for montmorillonitt gjerne ligger omkring 100 m.e., og for kaolin blir det ofte oppgitt tall fra 3 til 10 m.e. pr. 100 g.

Ved behandling av bergartspulveret med ammoniumklorid blir

det frigjort kationer direkte fra mineralenes krystallgitter. Det kunne tenkes det dermed foregår så store forandringer at materialet etterpå har en heilt annen ombyttingskapasitet. For å undersøke dette spørsmålet har jeg fått utført spesielle analyser av prøvene B 59, B 60 og B 62. Etter ordinær behandling med ammoniumklorid ble det tilført nøytralt kalsiumacetat inntil ammoniumjonene var byttet om med kalsiumjoner. Overskuddet av kalsiumacetat ble vasket ut med nydestillert vatn. Kalsiumjonene ble fortrent med 1 m. NH_4Cl og mengden bestemt i filtratet. Resultatene er gjengitt i tabell 49.

Tabell 49.

Katjonombyttingskapasiteten etter forskjellige behandlinger.

	B 59	B 60	B 62
Summen av Ca, Mg, K og Na (m. e. pr. 100 g)			
ved første behandling med NH_4Cl	4,76	3,45	17,54
Ombyttbart Ca (m. e. pr. 100 g) etter tilføring			
av $\text{Ca}(\text{CH}_3\text{COO})_2$	3,21	3,39	16,27

Det er tendens til nedgang i ombyttingskapasiteten etter behandlingen med ammoniumklorid. Men forandringene er små. Etter denne enkle undersøkelsen ser det altså ut til at det ikke har foregått større endringer i katjonombyttingskapasiteten ved behandling av pulveriserte prøver av bergarter og mineraler med ammoniumklorid.

Innholdet av ombyttbare metallkationer er også blitt bestemt i en del prøver av morenejord. I tabellene 50 og 51 er dessuten ført opp den lutmengden som er nødvendig for å heve pH til 7,0.

Summen for ombyttbare metallkationer i prøvene av morenejord av Oslofelt-eruptiver varierer meget sterkt. Mange av tallene er svært lave. Dette henger sammen med at jorda er grovkornet.

Gjennomsnitt av tall med så stor spredning kan ikke tillegges stor vekt, men middelerdiene blir gjengitt for å vise hvilke størrelsesordener det dreier seg om. En legger merke til at i gjennomsnitt er det mer ombyttbart magnesium enn kalsium og mer natrium enn kalium.

Blant prøvene i tabell 51 skiller M 6, M 16 og M 38 seg ut med betydelig større innhold av ombyttbare metallkationer enn de øvrige. Men alle tre prøvene er fra morenejord av leirskifer. For prøvene av fyllittmorenejord er variasjonen i totalinnholdet av ombyttbare metall-

Tabell 50.

Ombyttbare katjoner i morenejord av Oslofelt-syenitter og granitt.

Prøve nr.	m. e. pr. 100 g tørrstoff, ombyttbart med 1 m. NH_4Cl					m. e. lut tilsatt pr. 100 g jord for heving av pH til 7,0
	Ca	Mg	K	Na	Sum	
M 4	0,21	6,25	0,06	0,26	6,78	2,0
M 8	0,21	5,95	0,06	0,00	6,22	1,0
M 9	0,00	2,98	0,02	0,16	3,16	1,4
M 37	0,36	1,10	0,16	0,00	1,62	1,5
M 42	0,50	1,29	0,17	0,23	2,19	1,2
M 44	0,00	1,29	0,17	0,06	1,52	1,2
M 54	0,54	0,30	0,00	0,16	1,00	1,4
M 56	0,00	0,25	0,06	0,00	0,31	1,0
M 57	0,25	0,20	0,02	0,34	0,81	0,7
M 58	0,04	0,10	0,00	0,60	0,74	0,6
M 59	0,78	0,64	0,13	0,54	2,09	1,3
M 60	1,89	1,80	0,38	0,16	4,23	1,8
M 61	0,32	0,16	0,06	0,30	0,84	1,1
Gj.snitt	0,39	1,72	0,10	0,22	2,42	

Tabell 51.

Ombyttbare katjoner i morenejord av fyllitt og leirskifer.

Prøve nr.	m. e. pr. 100 g tørrstoff ombyttbart med 1 m. NH_4Cl .					m. e. lut tilsatt pr. 100 g jord for heving av pH til 7,0
	Ca	Mg	K	Na	Sum	
M 6	9,10	5,56	0,23	0,19	15,08	1,3
M 10	1,64	1,25	0,19	0,10	3,18	0,7
M 11	0,93	1,09	0,17	0,13	2,32	2,0
M 12	1,14	3,13	0,17	0,16	4,60	1,4
M 13	0,54	1,49	0,21	0,10	2,34	1,3
M 16	7,88	1,14	0,34	0,13	9,49	0,6
M 17	1,71	0,89	0,38	0,23	3,21	1,1
M 18	2,03	0,55	0,21	0,48	3,27	1,2
M 19	0,61	0,30	0,15	0,00	1,06	0,9
M 20	0,89	0,00	0,49	0,06	1,44	1,3
M 21	0,86	0,30	0,30	0,00	1,46	1,3
M 38	14,16	1,16	0,35	0,08	15,75	0,8
M 45	0,00	1,59	0,47	0,03	2,09	1,3
M 68	0,54	1,24	0,11	0,37	2,26	0,8
M 69	0,46	1,14	0,11	0,18	1,89	1,0
M 70	0,57	2,43	0,15	0,07	3,22	1,6
M 71	0,86	1,39	0,00	0,00	2,25	1,1
Gj.snitt	2,58	1,45	0,24	0,14	4,41	

katjoner forholdsvis liten. Gjennomsnittstallene ligger høyere for kalsium enn for magnesium og høyere for kalium enn for natrium.

Ser en på analysetallene for alle moreneprøvene under ett, finner en at det er relativt liten variasjon i mengden av lut som må tilsettes for å heve pH til 7,0. Men det blir store skilnader i metningsgraden bedømt ut fra disse tallene, fordi totalmengden av ombyttbare katjoner varierer så sterkt.

I fig. 65 er gjengitt gjennomsnittene for de mest typiske prøvene av morenejord av nordmarkitt-eikeritt (M 37, M 42, M 56, M 58 og M 59) og fyllitt (M 10, M 11, M 13, M 18, M 19, M 20, M 21 og M 68). Dessuten er tallene for en bergartsprøve fra hver av de to gruppene tatt med.

Det relative innholdet av ombyttbart kalsium er i gjennomsnitt påfallende lite i morenejordprøvene. I fyllittjorda kommer det gjennomsnittlige kalsiuminnholdet oppimot 50 %, og i prøvene av jord av Oslofelt-eruptiver er det under 20 % av de ombyttbare metallkatjonene. Prosenttallet for magnesium er mye større enn for kalsium i denne siste gruppen av prøver. Ved statistisk behandling av materialet finner en at differensen i m. e. mellom magnesium og kalsium i prøvene av Oslofelt-eruptiver er $1,33 \pm 0,6$. Den statistiske sikkerheten av forskjellen kan betegnes med graden * (BONNIER och TEDIN 1940 s. 322).

Analysedallene for bergartsprøvene viser også at forholdet mellom ombyttbart kalsium og magnesium i gjennomsnitt ligger høyere for fyllitt enn for nordmarkitt-eikeritt.

Det har vært vanlig å regne med at kalsium dominerer blant de ombyttbare metallkatjonene i jorda. Men de fleste analysene er jo utført av prøver fra de øverste, humusholdige sjiktene i jordsmonnet. I litteraturen finner en ofte oppgitt at kalsium utgjør om lag 80 % av alle ombyttbare metallkatjonene i noenlunde nøytral jord i humid klima (se f. eks. RUSSELL 1937 s. 150).

Ved dette høvet skal jeg bare peke på et enkelt forhold som er av interesse når det gjelder metodevalg ved jordundersøkelser. I Norge har HEGGENHOUGEN's (1923) metode, med bestemmelse av den såkalte X-verdien, vært atskillig brukt ved undersøkelse av kalktilstanden hos dyrket jord. Jamføringer med markforsøk har vist at framgangsmåten gir ganske bra resultater. X-verdien skulle være mål for metningsgraden, men av metallkatjonene blir bare kalsium bestemt. P. A. Øyen har i betydelig utstrekning brukt metoden ved undersøkelse også av prøver fra dypere jordlag. Analysedallene i tabellene foran viser at kalsium ofte ut-

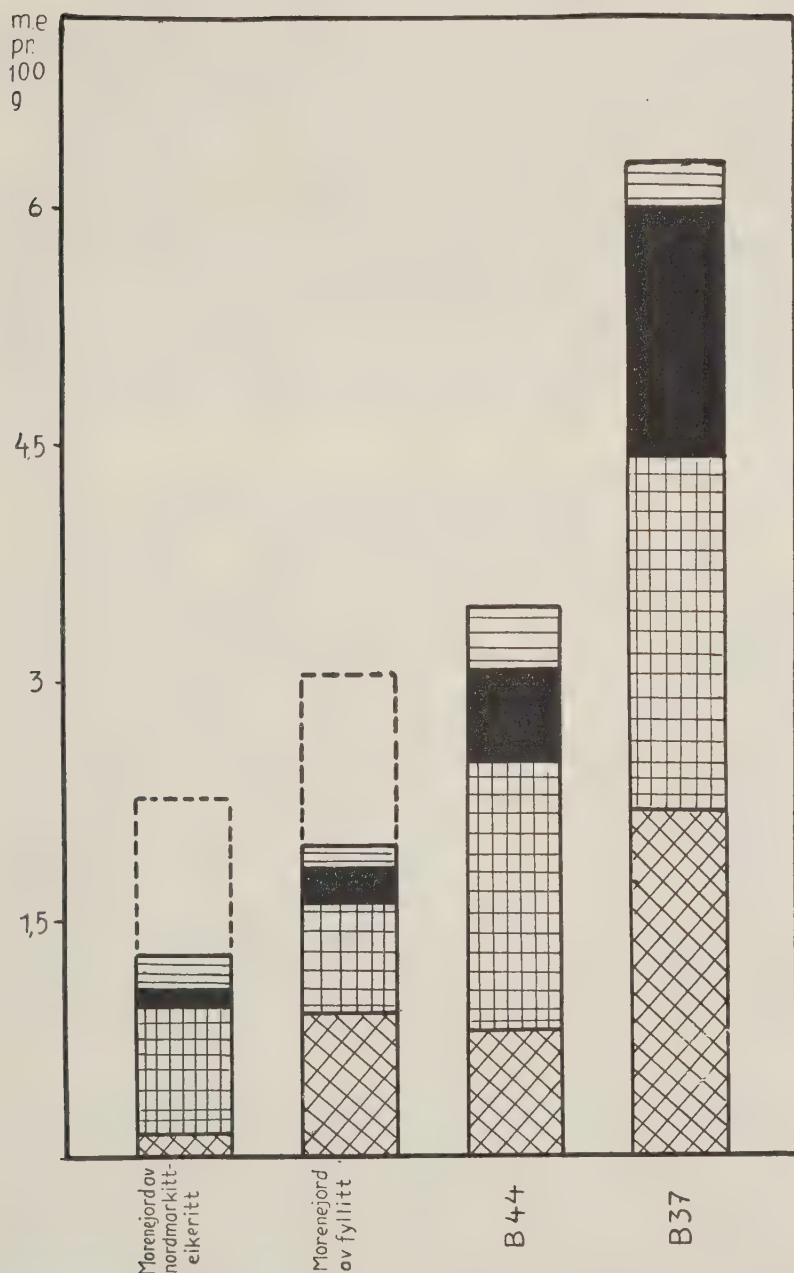


Fig. 65. Ombyttbare katjoner i morenejord av nordmarkitt-eikeritt og av fyllitt, og pulveriserte prøver av eikeritt og fyllitt. Den øverste, uskraverte delen av søylene til venstre angir mengdene av H-joner. Ellers er det samme signatur som i fig. 63. Nærmere forklaring i teksten.

gjør bare en liten prosentdel av de ombyttbare metallkationene i undergrunnsprøver. Dermed skulle det også være klart at en for slikt materiale ikke kan få noe tilfredsstillende uttrykk for metningsgraden hvis en bare tar omsyn til kalsiuminnholdet.

Kalsium og magnesium tilsammen utgjør i de fleste tilfellene storparten av summen for de ombyttbare metallkationene. Men i noen prøver av jord av Oslofelt-eruptiver ligger det relative natriuminnholdet svært høyt. Enkelte prøver av fyllittjord inneholder forholdsvis mye kalium. Hvis en ved bestemmelse av metningsgraden vil skaffe seg uttrykk for innholdet av metallkationer ved summering av enkeltkomponenter, kan det altså i en del tilfelle bli store feil også om de to jordalkalimetallene er blitt bestemt.

c. Innhold av lettoppløselig plantenæring.

Innledning.

Analysesetallene for mengdene av ombyttbare kationer gir også i noen grad grunnlag for bedømmelse av innhold av lettoppløselig plantenæring. I det følgende blir det gjengitt noen tall etter nyere analysemetoder som brukes ved undersøkelse av næringstilstanden i jorda.

For vurdering av forholdet mellom jorda og planteveksten er det også viktig å ha kjennskap til næringsmengdene som blir frigjort ved forvitring av forskjellig slags mineralmateriale, og til ulikheter hos forskjellig slags jord med omsyn til binding av tilført næring. Jeg har utført en del orienterende undersøkelser over slike spørsmål. Men materialet er lite, så jeg skal ikke ta det opp til behandling her. Da jeg regner dette for å være meget viktige problemer, sett både fra den anvendte og den teoretiske jordbunnsføre, er det planen å komme tilbake til disse spørsmålene seinere.

Fosfor.

Ved gjennomgåelse av analysesetallene for lettoppløselig fosfor, blir prøvene behandlet i samme rekkefølge som foran.

Nivåene for laktattallene ligger om lag like høyt for grunnfjellbergartene på den eine sida og nordmarkitt-eikeritt på den andre. Fosformengdene varierer mellom 0 og 9 mg P_2O_5 pr. 100 g lufttørt materiale. Prøven av albittgneis fra Nesodden skiller seg ut med det høyeste laktattallet, og en prøve av Østfold-granitt kommer lavest. Om lag halvparten av prøvene har laktattall mellom 3 og 5.

Tabell 52.

Laktattall for 1) grunnfjellgranitt og gneisbergarter, og 2) nordmarkitt-eikeritt.

Prøve nr.	mg P ₂ O ₅ pr. 100 g materiale	Prøve nr.	mg P ₂ O ₅ pr. 100 g materiale
B 1	2,0	B 10	4,0
B 5	9,0	B 13	3,5
B 6	4,0	B 24	3,0
B 7	2,7	B 27	2,6
B 12	3,7	B 30	6,2
B 23	4,5	B 44	0,7
B 35	0,0		

Tabell 53.

Laktattall for 1) larvikitt-kjelsåsitt-rekkens dypbergarter, og
2) rombeporfyrbergarter.

Prøve nr.	mg P ₂ O ₅ pr. 100 g materiale	Prøve nr.	mg P ₂ O ₅ pr. 100 g materiale
B 2	10,5	B 3	0,6
B 11	16,7	B 14	10,7
B 15	12,0	B 20	0,1
B 22	9,2	B 21	6,6
B 25	6,9	B 28	8,6
B 26	9,6	B 29	10,9

Det er betydelig større innhold av lettoppløselig fosfor i prøvene av larvikitt-kjelsåsitt-rekkens dypbergarter enn i prøvene i foregående tabell. Laktattallene er av samme størrelse for den usedvanlig grov-kornete kjelsåsitten som for de mer normale typene.

Forholdet mellom de forskjellige gruppene kommer klart fram når en regner ut differensen og middelfeil på differensen. Her skal bare tas med utregninger for prøvene av larvikitt-kjelsåsitt-rekkens dypbergarter og nordmarkittprøvene. Eikerittprøven (B 44) er ikke regnet med.

Gjennomsnitt for larvikitt-kjelsåsitt	10,8 ± 1,3
Gjennomsnitt for nordmarkitt	3,9 ± 0,6

Differens 6,9 ± 1,4

Differensen er altså nesten fem ganger større enn middelfeilen på den. Skilnaden er statistisk sikker (***).

Det er veldig variasjon i laktattallene for rombeporfyrprøvene. Men det er mulig at de lave tallene for B 3 og B 20 henger sammen med kalkspatinnholdet i disse prøvene. I prøver med særlig stor pufferevne vil pH i suspensjonen bli for høy, og det blir da ekstrahert for små fosformengder. For slike prøver er det utformet en noe avvikende framgangsmåte (EGNER, KÖHLER und NYDAHL 1938). Ved behandling av bergartsprøvene skulle en være spesielt merksam på disse forholdene. Men det er jo mulig at analytikeren i enkelte tilfelle kan ha glemt å kontrollere reaksjonen i filtratet.

Tabell 54.

Laktattall for 1) basaltbergarter (Oslo-essexittenes lavabergarter), og 2) sørkedalitt og nefelinsyenitt.

mg P ₂ O ₅ pr.		mg P ₂ O ₅ pr.	
Prøve nr.	100 g materiale	Prøve nr.	100 g materiale
B 9	4,0	B 50	13,0
B 34	0,0	B 51	4,0
B 46	0,0	B 52	3,5
B 48	0,0	B 59	18,0
B 49	0,0		

Det er påfallende at alle de 4 siste basaltprøvene har laktattall 0,0. Prøvene av sørkedalitt har derimot et meget stort innhold av lett-oppløselig fosfor. Det største laktattallet i heile dette materialet er 18,0 for sørkedalittprøven B 59.

Laktattallet er 0,0 for 9 av de 16 prøvene i tabell 55. Blant fyllittprøvene skiller B 17 seg ut med et relativt høyt laktattall. Men gjennomsnittet kommer likevel lavt ($1,5 \pm 0,96$). Da prøvetallene er små, blir det store middelfeil på gjennomsnittene. Det mangler litt på at forskjellen mellom nordmarkitt- og fyllittprøvene er statistisk sikker. Men dette vesle materialet gir likevel en antydning om at laktattallene i gjennomsnitt ligger betydelig lavere for fyllitt enn for nordmarkitt.

Alle amfibolittprøvene inneholder en del lett-oppløselig fosfor. Sandsteinprøven B 16 skiller seg ut med relativt høyt laktattall. Prøvene av sparagmitt og kvartsittiske bergarter har laktattall 0,0.

Tabell 55.

Laktattall for 1) fyllitt og leirskifer, og 2) sandstein, kvartsittiske bergarter og amfibolitt.

Prøve nr.	mg P ₂ O ₅ pr. 100 g materiale	Prøve nr.	mg P ₂ O ₅ pr. 100 g materiale
B 17	6,0	B 16	4,2
B 18	1,2	B 31	0,0
B 19	2,0	B 32	0,0
B 36	0,0	B 33	0,0
B 37	0,0	B 47	0,0
B 58	0,0	B 54	3,5
B 56	0,0	B 55	1,5
B 57	0,0	B 60	4,0

I gruppen biotittskifer og muskovitt har alle prøvene laktattall 0,0. To av feltspatprøvene har små mengder lettoppløselig fosfor, men ellers er laktattallet 0,0 også for prøvene av feltspat og kvarts.

Ser en på heile materialet under ett, finner en laktattall over 6,0 for alle prøvene av larvikitt-kjelsåsitt og sørkedalitt. Det samme gjelder rombeporfyrrprøvene med unntak av de to som er nevnt særskilt foran.

Laktattall fra 0,5 og oppover til omkring 6 har alle prøvene av nordmarkitt-cikeritt, amfibolitt og nefelinsyenitt. Dessuten kommer de fleste prøvene av grunnfjellgranitt og gneisbergarter i denne gruppen, og videre 3 prøver av fyllitt, 1 av sandstein og 1 av basalt. Alle prøvene av sparagmitt og kvartsittiske bergarter, biotittskifer, muskovitt og kvarts har laktattall 0,0. I et par prøver av feltspat var det målbare mengder av lettoppløselig fosfor, men ellers hadde også feltspatprøvene laktattall 0,0. Når det finnes fosfor i prøver av slike mineraler, skyldes det selvfølgelig forurensing. Videre finner en laktattall 0,0 for de fleste prøvene av basalt og av fyllitt og leirskifer, og endelig en prøve av grunnfjellgranitt.

Disse analysetallene viser altså at det finnes betydelige mengder av lettoppløselig fosfor i enkelte bergarter. Jamfører en analysetallene foran med grenseverdier og klasseinndelinger for dyrket jord, finner en at det skulle bli liten eller ingen avlingsøkning for tilføring av fosforgjødsel til jord med så høye laktattall som prøvene av sørkedalitt og larvikitt-kjelsåsitt-rekkens dypbergarter. For disse prøvene ligger pH så høyt at det ville ha blitt en

del reduksjon ved omregning til fosfatverdien (EGNÉR, KÖHLER und NYDAHL 1938). Men selv om en multipliserer laktattallene med 0,6, blir verdiene likevel meget høye i forhold til de en vanlig finner for dyrket jord i Norge.

Det er ikke utført bestemmelse av totalfosfor i disse prøvene. Men for flere av bergartene er det tidligere publisert en del totalanalyser. VIGERUST (1936 s. 13) offentliggjør gjennomsnittstall for 11 skiferprøver (serisittfyllitt), etter analyser V. M. Goldschmidt har fått utført. Det blir opplyst at de fleste prøvene er fra Valdres. Innholdet av P_2O_5 er 0,15 %. Som gjennomsnitt for 12 prøver av nordmarkitt fører BRØGGER (1933 s. 137) opp 0,10 % P_2O_5 . Noen prøver av nordmarkitt-eikeritt og eikeritt har gjennomsnittsinhold av P_2O_5 på henholdsvis 0,02 % og 0,04 %. For 11 prøver av kjelsåsitt og 19 prøver av larvikitt oppgir BRØGGER (1933 s. 136) henholdsvis 0,53 og 0,62 % P_2O_5 . I en prøve av den særegne bergarten sørkedalitt har BRØGGER (1933 s. 26) funnet heile 5,57 % P_2O_5 . Brøgger regnet bergarten med til essexitt-rekken. Etter forslag fra BARTH (1945) blir denne bergartsgruppen nå kalt Oslo-essexitt, og han har skilt ut sørkedalitten som ledd i egen rekke.

Sørkedalitt og larvikitt-kjelsåsitt har altså etter dette stort innhold både av totalfosfor og lettoppløselig fosfor. De refererte tallene for gjennomsnittlig totalinnhold av dette stoffet er litt større for fyllitt enn for nordmarkitt-eikeritt, men laktattallene synes altså å være noe høyere for den siste bergartsgruppen.

Laktattallene for morenejordprøvene er gjengitt i tabellene 56 og 57.

Tabell 56.

Laktattall for morenejord av Oslofelt-syenitter og eikeritt.

Prøve nr.	mg P_2O_5 pr. 100 g jord	Prøve nr.	mg P_2O_5 pr. 100 g jord
M 4	1,5	M 56	0,5
M 8	2,4	M 57	0,0
M 9	1,5	M 58	0,0
M 37	0,0	M 59	0,0
M 42	0,6	M 60	0,0
M 44	1,5	M 61	0,0
M 54	0,5		

Tabell 57.

Laktattall for morenejord av fyllitt og leirskifer.

Prøve nr.	mg P ₂ O ₅ pr. 100 g jord	Prøve nr.	mg P ₂ O ₅ pr. 100 g jord
M 6	5,5	M 20	0,0
M 10	1,0	M 21	0,0
M 11	0,0	M 38	0,7
M 12	Spor	M 45	0,0
M 13	0,0	M 68	0,0
M 16	1,0	M 69	0,0
M 17	0,0	M 70	0,0
M 18	0,0	M 71	0,0
M 19	0,0		

Mange av prøvene har laktattall på 0,0. Gjennomsnittet for alle prøvene av morenejord av nordmarkitt-eikeritt er 0,6. Tallet for de tilsvarende bergartsprøvene er 3,3. Differensen er $2,7 \pm 0,77$.

Blant prøvene av morenejord av fyllitt er det bare M 10 som ikke har laktattall 0,0. De tre prøvene av jord av leirskifer inneholder alle noe lettoppløselig fosfor.

Etter dette må en regne med at undergrunnsprøver av morenejord av nordmarkitt-eikeritt og fyllitt i alminnelighet har lite eller ikke noe lettoppløselig fosfor, bestemt etter laktatmetoden. Til jamføring kan nevnes at i profiler fra dyrket jord i Østfold og Akershus hadde undergrunnsprøvene til dels høye laktattall (LÅG 1947 c). Ved gradering som for matjorda, ville flere av prøvene fra sedimentær leirjord ha kommet i klassene «ikke fosforbehov» og «usikkert fosforbehov».

Den tydelige nedgangen i innholdet av lettoppløselig fosfor fra uforvitret bergartsmateriale til morenejord av nordmarkitt-eikeritt henger sammen med stigningen i H-jonkonsentrasjonen. Ved så lav pH som en har i prøver av morenejord, kan det bli sterk binding av fosfor til jern og aluminium (GAARDER 1930).

Laktatmetoden er utarbeidd for undersøkelse av fosfortilstanden i dyrket jord, og tallene kan derfor ikke brukes uten videre når det gjelder å bedømme næringstilgangen for naturlig vegetasjon. TAMM (1942) har pekt på at en først og fremst må ta omsyn til totalinnholdet av fosfor ved vurdering av skogjordas fosfortilstand. Når en gransker

tallene for det totale fosforinnholdet i fjellgrunnen, bør en være merk-sam på at det i seinere tid regnes med noe lavere gjennomsnittstall enn før. GOLDSCHMIDT (1938 s. 356) setter gjennomsnittsinholdet av fosfor i bergartene til 0,08 %. Tidligere ble det gjerne oppgitt tall som svarte til 0,12—0,13 % P.

Kalium.

I tabellene står M-tallet, altså analysetallet etter metoden til EGNÉR (1940), i første kolonne etter prøvenummeret. Innholdet av lettoppløselig kalium bestemt i ekstraktet for fosforanalysen (RIEHM 1943), er ført opp i neste kolonne. Det er brukt den vanlige konsentrasjonen av laktatoppløsningen (EGNÉR, KÖHLER und NYDAHL 1938).

Tabell 58.

*Lettoppløselig kalium i 1) grunnfjellgranitt og gneisbergarter, og
2) nordmarkitt-eikeritt.*

Prøve nr.	mg K ₂ O pr. 100 g materiale		Prøve nr.	mg K ₂ O pr. 100 g materiale	
	monoklor-eddiksyremetoden	laktatmetoden		monoklor-eddiksyremetoden	laktatmetoden
B 1	29	—	B 10	28	—
B 5	50	—	B 13	40	50
B 6	52	—	B 24	28	68
B 7	41	—	B 27	16	55
B 12	75	150	B 30	7	63
B 23	34	65	B 44	34	45
B 35	45	85			

Kaliuminnholdet ligger gjennomgående noe høyere i prøvene av grunnfjellbergarter enn i nordmarkitt-eikeritt-prøvene. Prøvene B 30 og B 27 har de laveste M-tallene.

I gjennomsnitt er kaliuminnholdet atskillig større i prøvene av larvikitt-kjelsåsitt-rekkens dypbergarter enn i de to foregående gruppene. Innholdet i rombeporfyrbergartene er derimot omtrent av samme størrelse som i nordmarkitt-eikeritt-prøvene i tabellen foran.

Basaltprøvene har gjennomgående noe mindre innhold av lettoppløselig kalium enn prøvene av larvikitt-kjelsåsitt-rekkens dypbergarter.

Tabell 59.

Lettoppløselig kalium i 1) larvikitt-kjelsåsitt-rekkens dyppergarter, og 2) rombeporfyrbergarter.

Prøve nr.	mg K ₂ O pr. 100 g materiale		Prøve nr.	mg K ₂ O pr. 100 g materiale	
	monoklor-eddiksyre-metoden	laktatmetoden		monoklor-eddiksyre-metoden	laktatmetoden
B 2	40	—	B 3	28	—
B 11	70	85	B 14	37	43
B 15	120	130	B 20	42	36
B 22	63	100	B 21	35	65
B 25	100	125	B 28	36	28
B 26	48	90	B 29	15	40

Tabell 60.

Lettoppløselig kalium i 1) basaltbergarter (Oslo-essexittenes lavabergarter), og 2) sørkedalitt og nefelinsyenitt.

Prøve nr.	mg K ₂ O pr. 100 g materiale		Prøve nr.	mg K ₂ O pr. 100 g materiale	
	monoklor-eddiksyre-metoden	laktatmetoden		monoklor-eddiksyre-metoden	laktatmetoden
B 9	104	—	B 50	60	55
B 34	40	70	B 51	60	75
B 46	30	37	B 52	65	60
B 48	85	60	B 59	250	200
B 49	50	47			

Det virker påfallende at innholdet ikke ligger høyere i de to prøvene av nefelinsyenitt (B 51 og B 52). For den eine av sørkedalittprøvene er tallene derimot svært høye.

Tabell 61.

Lettoppløselig kalium i 1) fyllitt og leirskifer, og 2) sandstein, kvartsittiske bergarter og amfibolitt.

Prøve nr.	mg K ₂ O pr. 100 g materiale		Prøve nr.	mg K ₂ O pr. 100 g materiale	
	monoklor-eddiksyre-metoden	laktatmetoden		monoklor-eddiksyre-metoden	laktatmetoden
B 17	75	75	B 16	23	25
B 18	95	105	B 31	45	70
B 19	70	85	B 32	45	80
B 36	150	150	B 33	14	60
B 37	180	190	B 47	85	60
B 58	90	55	B 54	80	85
B 56	95	90	B 55	95	90
B 57	42	43	B 60	30	42

Tallene ligger høyt for prøvene av fyllitt. Den siste av prøvene av leirskifer (B 57) har et mindre innhold av lettoppløselig kalium. I kvartsittprøven fra Aurdal (B 47) og to av amfibolittprøvene (B 54 og B 55) er innholdet relativt stort.

Tabell 62.

Lettoppløselig kalium i 1) biotittskifer, og 2) muskovitt.

Prøve nr.	mg K ₂ O pr. 100 g materiale		Prøve nr.	mg K ₂ O pr. 100 g materiale	
	monoklor-eddiksyre-metoden	laktatmetoden		monoklor-eddiksyre-metoden	laktatmetoden
B 8	210	270	B 41	250	230
B 45	210	320	B 53	75	70
B 62	300	300	B 61	500	700

Blant prøvene av biotittskifer og muskovitt skiller B 53 seg ut med et betydelig mindre innhold av lettoppløselig kalium enn de øvrige. Ellers er det veldig store tall for dette materialet. Mengdene av kalium som er blitt ekstrahert etter disse framgangsmåtene, varierer mellom 0,17 % og 0,58 % for de 5 andre prøvene.

Tabell 63.

Lettoppløselig kalium i feltspat.

Prøve nr.	mg K ₂ O pr. 100 g materiale		Prøve nr.	mg K ₂ O pr. 100 g materiale	
	monoklor-eddiksyre-metoden	laktatmetoden		monoklor-eddiksyre-metoden	laktatmetoden
B 38	64	60	B 40	54	45
B 39	47	45	B 63	40	43

Det er liten variasjon i innholdet av lettoppløselig kalium i feltspatprøvene. Tallene er av samme størrelsesorden som for granitter og syenitter i tabellene foran.

EGNÉR (1940 s. 276) graderer jordas kaliumtilstand på følgende måte:

M-tall	Kaliumtilgang
0— 3	meget dårlig
3,1— 6	dårlig
6,1—12	middels
12,1—24	rikelig
over 24	meget rikelig

Ved jamføring med denne klasseinndelingen finner en at tallene i tabellene foran ligger meget høyt. Bare 5 prøver har tall lavere enn grensa for «meget rikelig kaliumtilgang». 4 av disse prøvene (B 27, B 29, B 16 og B 33 kommer i klassen «rikelig . . .», og den femte (B 30) i «middels kaliumtilgang». Ser en derimot på de aller høyeste M-tallene, finner en at ikke mindre enn 10 prøver har tall over 100. Over halvparten av prøvene har M-tall på 50 og derover.

Jamført med innholdet av lettoppløselig kalium i alminnelig matjord, viser altså analysetallene for nesten alle disse bergartsprøvene stor kaliumrikdom. På forhånd ville en ha ventet store analysetall for prøver av muskovitt, biotittskifer, fyllitt og nefelinsyenitt. Men også for de fleste andre prøvene er det tall som ligger langt over de en venter å finne for næringsrik dyrket jord.

I prøvene av morenejord er kaliuminnholdet bestemt etter de samme metodene.

Tabell 64.

Lettoppløselig kalium i morenejord av Oslofelt-syenitter og eikeritt.

Prøve nr.	mg K ₂ O pr. 100 g jord		Prøve nr.	mg K ₂ O pr. 100 g jord	
	monoklor-eddiksyre-metoden	laktatmetoden		monoklor-eddiksyre-metoden	laktatmetoden
M 4	1,0	3,0	M 56	7,0	2,0
M 8	3,0	4,0	M 57	0,0	9,0
M 9	1,0	3,0	M 58	2,0	12,0
M 37	10,0	3,0	M 59	0,0	1,0
M 42	8,0	6,0	M 60	43,0	36,0
M 44	9,0	1,0	M 61	6,0	14,0
M 54	1,0	3,0			

Innholdet av lettoppløselig kalium er for det meste lavt i prøvene av morenejord. I tabell 64 skiller M 60 seg skarpt ut med et mye større innhold enn de øvrige. Ellers kommer ingen av prøvene i klassen som angir at kaliumtilgangen er meget god. Om lag halvparten av tallene skulle vise meget dårlig kaliumtilgang.

Det er ingen klar skilnad mellom prøvene av morenejord av Oslofelt-eruptiver på den eine sida og av fyllitt på den andre. På forhånd ville en ha ventet betydelig større tall for fyllittmorenejorda. Innholdet av ombyttbart kalium var jo også gjennomgående noe større i disse prøvene enn i prøvene av morenejord av Oslofelt-eruptiver.

M-tallene for de pulveriserte bergartsprøvene av fyllitt er i gjennomsnitt mer enn 20 ganger så høye som for prøvene av morenejord av samme slags materiale.

Tabell 65.

Lettoppløselig kalium i morenejord av fyllitt og leirskifer.

Prøve nr.	mg K ₂ O pr. 100 g jord		Prøve nr.	mg K ₂ O pr. 100 g jord	
	monoklor- eddiksyre- metoden	laktatmetoden		monoklor- eddiksyre- metoden	laktatmetoden
M 6	3,0	2,0	M 20	7,0	7,0
M 10	15,0	3,0	M 21	3,0	4,0
M 11	7,0	5,0	M 38	5,0	1,0
M 12	5,0	14,0	M 45	9,0	3,0
M 13	5,0	3,0	M 68	0,0	3,0
M 16	7,0	7,0	M 69	3,0	0,0
M 17	14,0	3,0	M 70	0,0	0,0
M 18	3,0	0,0	M 71	0,0	1,0
M 19	2,0	0,0			

Ut fra analyseresultatene som er lagt fram, kan en slå fast at innholdet av lettoppløselig kalium, bestemt etter disse metodene, som regel er mye mindre i morenejord av nordmarkitt-eikeritt og fyllitt enn i det kunstig oppknuste materialet av de samme bergartene.

IV. Sammendrag.

Hensikten med undersøkelsene er å yte bidrag til løsning av følgende spørsmål:

1. Hvilke spesielle egenskaper har forskjellige morenejordarter som er blitt til av bestemte bergarter?
2. Hvilken sammenheng er det mellom bergartssammensetningen i fjellgrunnen og materialet morenejorda er blitt til av?

Økonomisk sett har morenejorda veldig stor betydning i Norge. Naturforholdene ligger i vårt land meget godt til rette for utgreiing av viktige teoretiske problemer med omsyn til de jordsmonndannende prosesser og utbredelsen av forskjellige jordsmonntyper. Men for å løse slike spørsmål er det nødvendig å ha kunnskaper om forholdet mellom fjellgrunnen og jorda.

Kjennskap til dannelsesmåten for morenejorda var et nødvendig vilkår for utgreiing av slike spørsmål. Gransking av flyttblokker hadde på den andre sida stor betydning for klarlegging av at Fennoskandia har vært isdekt. Både ESMARK (1824) og KJERULF (1858) brukte forekomster av flyttblokker som argument for istid-teorien.

Etter at teorien om nedisingen var alminnelig godtatt, er det i Norge utført noen spredte bestemmelser av mengdeforholdet mellom bergartene i lausavleiringene. Det ser ut til at P. A. Øyen har vist spørsmålet størst oppmerksomhet. Ellers har flere andre geologer offentliggjort tall fra enkelte undersøkelser, og i den seinere tid er det utført noen få steintellinger i forbindelse med jordbunnsundersøkelser.

Ut fra resultater av steintellinger på eiendommen til Norges Landbrukshøgskole er det trukket tvilsomme slutninger om egenskaper til jorda i Ås.

I det heile er den norske litteraturen om relasjoner mellom fjell-

grunnen og lausmaterialet meget beskjedent. Det er ikke i større omfang utført planmessige undersøkelser over slike spørsmål.

Det er to hovedårsaker til at disse problemene har vært så lite påaktet i Norge. 1) Kwartærgeologene har fortrinsvis arbeidd med heilt andre oppgaver som studier av isranddannelser, strandlinjer, nivå- og klimaendringer, isavsmeltingen i høyfjellet og særskilte problemer i tilknytning til arkeologi, botanikk og zoologi. 2) Undersøkelser av jordsmonnet har hatt et beskjedent omfang. Det er ikke utført inngående analyser av forholdet mellom de forskjellige jordsmonndannende faktorene. Dermed er det forståelig at problemene vedrørende opphavsmaterialet for moreneavleiringene ikke er kommet i forgrunnen innafor jordbunns læren.

I våre naboland har særlig kvartærgeologene utført en del interessante undersøkelser over bergartsmaterialet i morenejorda.

For å få mål for sammenhengen mellom bergartssammensetningen i morenejorda og i fjellgrunnen har jeg utført steintellinger. Det meste av undersøkelsene er lagt til Oslofeltet. Som regel er steinene tatt direkte ut av moreneavleiringene. Steintellingene er fortrinsvis utført inntil grenser mellom lett kjennelige bergarter med noenlunde ens motstandsevne mot iserosjon, og det er lagt vekt på at bergartsgrensene ikke må falle sammen med markerte topografiske grenselinjer. Med noe øvelse kan en bedømme sammensetningen av morenejorda godt skjønnsmessig, særlig når hovedmassen av steinene er av en enkelt bergart. Da det viste seg at det fantes mye morenejord med lite innblanding av tilført bergartsmateriale, ble det også gjort et stort antall notater etter skjønnsmessig vurdering av bergartssammensetningen.

En enkel feltmetode er tillempet til påvisning av små karbonatmengder i morenejorda. Det blir tilsatt sterk saltsyre med en sprøyte etter at lufta er fortrent fra jorda i reagensglasset med mettet koksaltoppløsning.

Det er utført jamføringer mellom sammensetningen av steinfraksjonen i isranddannelser og i mer ordinære morenedekker på en del steder langs Oslofjorden. Ved undersøkelser på eiendommen til Norges Landbrukshøgskole i Ås viste det seg å være tilført mye mer materiale fra Oslofeltet og sparagmittområdet til den såkalte Ås-morenen enn til det tynne morenedekket i Åkebakkeskogen. På Hurum-landet, overfor

Drøbak, hadde derimot den store isranddannelsen noenlunde samme sammensetningen som de tynne moreneavleiringerne. Det var store variasjoner i forholdet mellom forskjellige Oslofelt-bergarter i Ås-Ski-trinnets isranddannelser fra Hurum-landet og østover. Vekslinger i sammensetningen av fjellgrunnen loddrett på isbevegelsens retning kan altså her registreres ganske skarpt selv i israndavleiringer i betydelig avstand.

I områdene med Oslofelt-eruptiver er det utført omfattende undersøkelser. Det er gjengitt resultater av steintelling og iakttagelser i Sande, Siljan, Lardal, Nordmarka med tilstøtende trakter, Hurdal og Toten på s. 40—67. Videre er det utført undersøkelser i Oslofeltets kambrosilur-område på Toten, i fyllitt-traktene i Valdres, og på en del spredte steder ellers.

Undersøkelsene viste at det finnes mye morenejord som er blitt til bare, eller praktisk talt bare, av den bergarten en har i fjellgrunnen under. Selv innåfor meget små bergartsområder er det funnet slike moreneavleiringer. Det er f. eks. nevnt døme på at en kan følge en gangbergart fra fjellgrunnen opp gjennom morenejorda. For slike avleiringer er innført navnet autokton morenejord. Uttrykket monomikt er tatt i bruk for morenejord med bruddstykker bare av en enkelt bergart.

Det er pekt på at kjennskapet til monomikte moreneavleiringer kan få stor betydning for fortsatt jordbunnforskning i Norge. Med de store variasjoner i klima, vegetasjon og topografi, og dessuten også i sammensetningen av undergrunnsjorda, blir det svært mange kombinasjonsmuligheter, og dermed usedvanlig gode naturlige vilkår for gransking av forskjellige prosesser i jordsmonnet og lovmessigheter for fordeling av forskjellige jordsmonntyper.

I områder med eruptivbergarter finnes den autoktone morenejorda særlig der det er oppbrutt topografi. Fjelloverflaten under slik jord er som regel svært småkupert. Tykkelsen varierer sterkt. Det er funnet 5—6 m dype skjæringer i slikt materiale.

Et stort innslag av tilført materiale finnes ofte i de tynne og oppdelte morenedekkenene over tiljevnnet og isskurt fjellgrunn.

Sammensetningen av morenejorda er avhengig av faktorer som har sammenheng 1) med fjellgrunnen, og 2) med isbevegelsen. Blaute skiferbergarter avgir lettere materiale enn seige eruptiver. Det ser ut til at skiferfjell i noen områder er blitt sterkest angrepet av isen når fallet har hatt samme retningen som isbevegelsen. Hos fjellgrunn av eruptiver har sannsynligvis sterk utvikling av benkning og primærstrukturer nedsatt evnen til å motstå påvirkning av isen. Etter under-

søkelser i Oslofeltet later det til at fjell av granitt, nordmarkitt og nærstående syenitter har hatt lettere for å bli omdannet til morenemateriale enn larvikitt og kjelsåsitt. Det ser altså ut til at det lettere er blitt laget lausmateriale av en kiselrik enn av en kiselfattig eruptivbergart. Morenejord som skriver seg fra et større eruptivområde med mange forskjellige dypbergarter, skulle etter dette i gjennomsnitt være noe kiselrikere enn fjellgrunnen.

Topografien har hatt sterk innflytelse på isbevegelsen og dermed på utformingen av morenedekkenene.

Mye av de grovkornete, autoktone, monomikte moreneavleiringene som er omtalt fra Østlandet, ligger i stor høyde i terrenget. Dette ser ut til å være i strid med de slutninger Lundqvist er kommet til for Bergslagen i Sverige. Men forholdet kan sannsynligvis forklares ved at de norske områdene som er undersøkt, har ligget mer i le for isstrømmene.

Tidligere er det regnet med at morenejord som er blitt til av fjellgrunnen på stedet, fortrinnsvis finnes i nærheten av isskillet. Men ved disse undersøkelsene er det påvist autokton morenejord på mange steder like sørover mot raet, altså i distrikter der en finner merker etter betydelige breframstøt ved avslutningen av istida. Slike avleiringer er dannet på steder der isen 1) ikke har tilført materiale fra andre bergartsområder, og 2) har angrepet og laget lausmateriale av fjellgrunnen.

Det finnes mye dyrket morenejord som er blitt til praktisk talt bare av fyllitt eller leirskifer. Den steddannede morenejorda av eruptivbergarter er som regel uskikket til oppdyrking på grunn av det store stein- og blokkinnholdet.

En del forekomster av moreneleire er drøftet særskilt. Muligheten for dannelse av moreneleire ved innblanding av sedimentær leire i grovere morenemateriale er omtalt. Det er slått fast at enkelte forekomster av moreneleire i Nordmarka og i Hurdal er eldre enn det alminnelige morenedekket. Foreløpig er det ikke tatt standpunkt til om denne moreneleira har ligget igjen fra nestsiste istid eller avleiringene er blitt til under et tidligere stadium av siste nedising. Eldre meldinger om interglaciale avleiringer i Norge er nevnt.

I litteraturen finnes omtalt en forekomst av moreneleire i Menstadseterskogen i Gjerpen. Det er nå blitt avgjort at materialet er forvittringsjord av basalt. Ved røntgenografisk metode er det påvist mineraler av montmorillonitt-gruppen. En må etter dette regne med mulig-

heten av å finne innblanding av slike leirmineraler over større arealer som har vært nediset under siste istid.

Det er utført laboratorieundersøkelser av vel 60 prøver av pulveriserte mineraler og bergarter og henimot 40 prøver av morenejord av fyllitt og av syenitter, granitt og sedimenter i Oslofeltet. Liste over prøvene og omtale av metodene finnes på s. 101 o. ff.

Mekaniske analyser av steddannet morenejord av granitt, nordmarkitt og nærstående syenitter på den eine sida og fyllitt på den andre, viste liten skilnad i leirinnholdet. For de fleste prøvene ligger tallene for materialet $< 0,002$ mm under 5—6 %. Den gamle oppfatningen at jord av slike skifrige bergarter som fyllitt har stort leirinnhold, er altså ikke riktig. Men prøvene av fyllittmorenejord har betydelig større innhold i de nærmeste fraksjonene, slik at forskjellen mellom de to gruppene blir statistisk sikker når en tar med alt materialet under 0,02 mm eller 0,06 mm.

Det er utført en del bestemmelser av grusinnholdet etter utskilling av fraksjonene 2—6 mm og 6—20 mm ved sikting. Alle de undersøkte prøvene av morenejord av disse to bergartsgruppene innholdt mye grus.

Innholdet av steiner og blokker i moreneavleiringene er bestemt ved direkte oppmåling i skjæringer. Sammen med resultater av mekaniske analyser der også grusinnholdet er bestemt, blir det dermed materiale til bedømmelse av forholdet mellom alle fraksjonene i lausavleiringen. For morenejorda av nordmarkitt-eikeritt ble det til dels funnet størst prosenttall for en av grusfraksjonene, dels for en av steinfraksjonene og dels først i fraksjonen > 20 cm. Fyllittmorenejorda hadde i alminnelighet lite materiale i fraksjonene over 6 cm. Det relative innholdet av finere materiale, f. eks. summen av fraksjonene under 2 mm, blir dermed som regel mye større i morenejord av fyllitt enn av Oslofelt-syenitt og -granitt. En slik avleiring av fyllittmorenejord vil altså inneholde mye mer leire pr. volumenhet, selv om leirinnholdet i materialet < 2 mm er det samme.

Alle publiserte analysetall jeg har funnet for mekanisk sammen-setning av norske morenejordprøver, er stilt sammen. I alt er det tatt med tall for 365 prøver. Etter resultater av egne metodeundersøkelser over bestemmelse av grusinnholdet går jeg ut fra at det hviler store

feil på mange av analysetallene for denne fraksjonen. Analyse-resultatene er derfor regnet om med materialet < 2 mm som basis, og en del sammenstillinger er gjengitt i fig. 20—23.

Det er pekt på forhold en bør være merksam på ved fortsatte undersøkelser over mekanisk sammensetning av morenejord.

Prøvene av mineraler og bergarter har alle alkalisk reaksjon. De aller fleste prøvene har pH over 8,5. Det er bestemt rådd til å forlate de petrografiske betegnelsene sure og basiske for henholdsvis kiselrike og kiselfattige bergarter. Prøvene av morenejord har sur reaksjon. Særlig ligger pH lavt for jorda av Oslofelt-eruptivene.

Karbonatinnholdet i prøvene er bestemt.

I fig. 24—55 er det gjengitt titreringskurver. Ved jamføring av kurvene finner en naturligvis stor pufferevne mot syre i de karbonatrike bergartsprøvene. Videre er pufferevnen som regel stor i biotitt- og muskovittrikt bergartsmateriale og ellers i materiale som har store mengder ombyttbare metallkationer. Det viste seg tendens til at bergarts- og mineralprøver med stor pufferevne overfor syre har relativt stor motstandsevne også mot reaksjonsforandring ved luttilsetning. Kurvene for morenejordprøvene skiller seg ut, bl. a. ved at den aktuelle pH er mye lavere.

For å få mer eksakte mål for motstandsevnen mot reaksjonsforandring har jeg konstruert pufferprosentkurver. Pufferprosenten er den prosentdel av tilsatte H- henholdsvis OH- joner som ikke gir endring i suspensjonens reaksjon.

Alle prøvene av mineraler og bergarter har pufferprosent over 99,9 % for minste syretilsetning. I alminnelighet ligger tallene nær 100 også ved tilsetning av noe større syremengder. Ved syretilskudd på 15—20 og 20—40 m. e. pr. 100 g materiale har kurven til dels tydelig fall. Som regel er pufferprosenten lavest ved størst syretilsetning (60—100 m. e.). Det finnes karbonatfrie prøver og prøver med ubetydelig karbonatinnhold som har pufferprosent over 98 selv ved største tilsetning av syre.

Ved luttilsetning har pufferprosentene for mineral- og bergartsprøvene gjennomgående mye lavere verdier. Mindre enn tiendeparten av tallene ligger over 90.

Kurvene for prøvene av morenejord har en annen karakter. Ved minste syretilsetning ligger pufferprosenten ofte på 90—98, og til dels er den enda betydelig lavere. Kurvene ligger derimot i alminne-

lighet over 99 % for minste tilsetning av lut. I de fleste tilfellene er pufferprosentene betydelig høyere overfor lut enn syre også ved de største elektrolytt-tilsetningene. Prøvene av morenejord har altså mindre pufferevne mot syre og større pufferevne mot lut enn de pulveriserte prøvene av de samme bergartene.

Det er gjengitt resultater av et laboratorieeksperiment med bestemmelse av pufferevnen hos bergartspulver etter gjennomsving av store mengder vatn. Behandlingen hadde ført til senkning av pH, hevning av pufferprosenten overfor luttilsetning og senkning overfor syretilsetning. Pufferevnen hadde altså endret seg noe i retning av den en finner i prøvene av morenejord.

Eksempler på pufferprosentkurver finnes i fig. 56—59.

Til jamføring med pH i vassoppslemninger er det utført pH-målinger i suspensjoner med 1 m. KCl og NaCl og 0,5 m. Na_2SO_4 , MgSO_4 , MgCl_2 og BaCl_2 . Det er slått fast at MgSO_4 , MgCl_2 og BaCl_2 gir sterk senkning av pH for de pulveriserte mineral- og bergartsprøvene. Da dette pulveret har primær krystallstruktur uten vannstoffjoner, kan ikke pH-senkningen forklares som resultat av en enkel katjonombyttingsprosess. Som årsaker til stigningen i H-jonkonsentrasjonen kan tenkes 1) frigjøring av jern- og aluminiumjoner, og 2) mineralpulveret tar regulært opp H-joner fra vatnet, men ved salttilsetning kan denne prosessen bli mer eller mindre hindret. Ved jamføring med titreringskurvene finner en at pH-senkningen i enkelte av saltoppløsningene ofte tilsvarer syretilsetning på mange m. e. pr. 100 g.

Stort sett ligger pH for morenejordprøvene lavt i alkalikloridene og forholdsvis høyt i magnesiumsulfat. Jamført med morenejorda av Oslofelt-eruptiver har fyllittmorenejorda særlig stor pH-senkning i KCl og forholdsvis liten i MgCl_2 . Stigningen i H-jonkonsentrasjonen i KCl og BaCl_2 tilsvarer syretilsetninger fra knapt 0,1 m. e. til ca. 1,0 m. e. pr. 100 g.

Mengdene av ombyttbart Ca, Mg, K og Na er bestemt. For mineral- og bergartsprøvene varierer summen fra knapt 3 til knapt 23 m. e. pr. 100 g. Katjonombyttingskapasiteten ligger høyt for biotitt- og muskovittrikt materiale. Det er meget store svingninger i mengdeforholdet mellom de forskjellige jonene. I gjennomsnitt for bergartsprøvene utgjør innholdet av Ca, Mg, K og Na i ekvivalenter med avrundete tall henholdsvis $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{6}$ og $\frac{1}{12}$.

I biotittskifer og muskovitt ligger innholdet av ombyttbart kalium

som regel svært høyt. En muskovittprøve har et innhold på nesten 13 m. e. pr. 100 g. To prøver har store mengder kopper som kan ekstraheres med NH_4Cl .

I mange av prøvene av morenejord ligger innholdet av ombyttbare metallkationer lavere enn i bergartsprøvene.

Det relative innhold av kalsium er gjennomgående lavt i prøvene av morenejord. I jorda av Oslofelt-granitt og -syenitter er innholdet av magnesium større enn av kalsium. Det gjennomsnittlige kalsiuminnholdet ligger under 20 % for denne gruppen, og for prøvene av fyllittmorenejord ligger det bortimot 50 %. I litteraturen blir det ofte oppgitt at kalsium utgjør omkring 80 % av de ombyttbare metallkationene i noenlunde nøytral jord i humid klima.

Enkelte prøver av jord av Oslofelt-eruptiver har meget stort relativt innhold av natrium.

Ved bestemmelse av metningsgraden for slik jord ville en i svært mange høve få heilt misvisende resultater dersom en ikke regner med innholdet av andre metallkationer enn kalsium.

Lettoppløselig fosfor er bestemt etter Egnérs laktatmetode og kalium etter Egnérs monokloreddiksyremetode og Riehms tillempning av laktatmetoden.

Laktattallet er over 6,0 for alle prøvene av larvikitt-kjelsåsitt og sørkedalitt og de fleste av rombeporfyr. Alle prøvene av kvarts, muskovitt, biotittskifer, sparagmitt og kvarsittiske bergarter har laktattall 0,0. Dyrket jord med så mye lettoppløselig fosfor som prøvene av larvikitt-kjelsåsitt og sørkedalitt skulle gi lite eller ikke noe avlingsutslag for fosforgjødsel.

Eldre analyser av totalinnhold av fosfor i de forskjellige bergartsgruppene er nevnt.

Morenejorda av nordmarkitt-eikeritt og fyllitt er som regel svært fattig på lettoppløselig fosfor. Det er stor forskjell mellom laktattallene for pulveret av disse Oslofelt-eruptivene og morenejorda av den samme bergartsgruppen. Bare 1 av de 14 prøvene av fyllittmorenejord har målbare mengder lettoppløselig fosfor.

Innholdet av lettoppløselig kalium er meget stort i nesten alle mineral- og bergartsprøvene som er undersøkt. Bare 5 av prøvene har M-tall som ligger under grensa for meget god kaliumtilgang etter Egnérs klassifikasjon, og mer enn halvparten har tall over det dobbelte av denne grenseverdien. Veldig høye tall har prøver av biotittskifer

og muskovitt. Feltspatprøvene har M-tall av samme størrelsesorden som prøvene av granitt.

Den undersøkte morenejorda har som regel små mengder lett-oppløselig kalium. Om lag halvparten av prøvene har M-tall som skulle vise at kaliumtilgangen er meget dårlig. Kaliuminnholdet er like lite i morenejorda av fyllitt som av nordmarkitt-eikeritt.

Jamført med det pulveriserte materialet av nordmarkitt-eikeritt og fyllitt har morenejorda av de samme bergartsgruppene lavere pH, større pufferevne overfor lut, mindre pufferevne overfor syre, mye mindre innhold av lettoppløselig kalium og i alminnelighet noe mindre innhold av ombyttbare metallkationer og lettoppløselig fosfor.

V. Studies on the Parent Material of the Morainic Covers of the South-Eastern Part of Norway.

Summary.

The aim of the present investigations is to contribute to the elucidation of the following problems:

- (1) What are the particular properties of the different morainic soils derived from certain rocks?
- (2) What is the relationship between the composition of the bedrock and the material from which the morainic soils have been derived?

From an economic point of view the morainic soils play a most significant role in Norway. The natural conditions of this country facilitate the elucidation of important theoretical problems relating to soil-forming processes and to the distribution of the different soil types. A knowledge of the relation between the bedrock and the soil material, however, is required. These investigations are intended as an introduction to a series of studies on the soils of Norway.

A knowledge of the forming processes of the morainic material were indispensable to the elucidation of such problems. The study of erratic blocks, on the other hand, was of great importance when it came to ascertaining that Fennoscandia had been covered with ice. Both ESMARK (1824) and KJERULF (1858) used the occurrences of erratic boulders as evidence in favour of the theory of an ice age.

After the theory of glaciation had been generally accepted, a few sporadic determinations of the ratio of the rocks in the Quaternary deposits were carried out. P. A. Øyen seems to have given most attention to this problem. Moreover, several other geologists have published figures obtained from scattered investigations, and recently a few countings of stones have been carried out in connection with soil surveys.

From the results of countings of stones carried out on the estate of the Agricultural College of Norway were drawn doubtful conclusions as to the soil properties in Ås.

On the whole, the Norwegian literature on the relationships between the bedrock and the soil material is very modest. No comprehensive investigations on such problems have been carried out.

There are two main reasons why these problems have received so little attention in Norway. (1) The geologists have mostly concentrated their work on quite different tasks as studies on marginal terraces, shore-lines, changes of levels and climate, the ice melting in the mountains, and special problems associated with archeology, botany, and zoology. (2) The soil survey has never been comprehensive. No elaborate analyses of the relationship between the influence of different factors on the soil formation have been carried out. This explains the fact that the parent material of the morainic deposits has not been brought to the front either, within this field.

In our neighbouring countries it is especially the geologists who have carried out investigations on the different rocks of the morainic material.

To obtain a measure of the relationship between the rocks of the morainic soil and those of the bedrock I have carried out countings of stones. Most of the investigations took place within the Oslo region. The stone countings were mostly conducted up to the contact between rocks easily recognizable and with a fairly uniform power of resistance to glacial erosion and in districts where the rock contacts do not coincide with the topographic features. After having obtained some practice one is able to give a fairly accurate rough estimate of the composition of the morainic soils, especially when the bulk of the stones belong to one single type of rock. When it became evident that there was a great deal of morainic soils with but a small intermixture of material from other rock areas, a large number of notations were made on the basis of a rough estimate of the composition of the stone fraction.

A simple field method was adapted to demonstrate small quantities of carbonates in the morainic soils. A strong hydrochloric acid was added with a syringe after the air had been removed from the sample

in the test-tube by means of a saturated solution of sodium chloride.

Comparisons were made of the composition of the stone fraction of marginal terraces and that of commoner morainic covers in a few localities along Oslofjorden. From investigations conducted on the estate of the Agricultural College of Norway, situated in Ås, it appeared that much more material from the Oslo region and the Sparagmite district had been added to the so-called Ås moraine than to the morainic cover in the forest Åkebakkeskogen. In Hurum-landet, the rural district facing Drøbak from across the fiord, however, the great marginal terrace is of approximately the same composition as the thinner morainic deposits. There are wide variations in the ratio of the different rocks of the Oslo region in the marginal terraces of the Ås-Ski stage from Storsand in Hurum and eastward. Thus, changes in the bedrock occurring perpendicularly on the direction of the ice movement may be registered even in marginal deposits far apart.

Comprehensive investigations have been carried out in districts with igneous rocks in the Oslo region. Results from stone countings and observations in Sande, Siljan, Lardal, Nordmarka with adjoining tracts, Hurdal, and Toten are represented on pp. 40—67. In addition investigations have been carried out in the Cambro-Silurian districts of Toten, in the phyllite areas of Valdres, and in some scattered places elsewhere.

It appeared that there is a great deal of morainic soils originating all but exclusively from the rock occurring in the bedrock underneath. Such morainic deposits have been found within very limited rock areas even. Examples have been given of a dike rock being traceable from the bedrock up through the morainic soil. The expression *autochthonic morainic soil* has been introduced for such deposits. The term *monogenous* has been adapted for morainic soil with fragments of one single type of rock.

It has been pointed out that a knowledge of the monogenous morainic deposits may be of great consequence for a continued soil research in Norway. The wide variability in climate, vegetation, and topography, as well as in the composition of the soils, results in a great many chances of combination, which again highly facilitates the studying of various processes in the soils and the regularities of distribution of the different soil types.

In regions with igneous rocks this main type of morainic soil is encountered mostly in localities with a broken topography. The surface

of the bedrock under such a soil material is, as a rule, very uneven. The thickness varies widely. The deepest cuts observed by the author in such a material measure from 5 to 6 m.

The thin and divided morainic covers resting on a smoothened and glaciated bedrock often contain a great proportion of material, transported over a relatively great distance.

The composition of the morainic soils is dependent on factors relating to (1) bedrock, and (2) the movement of the ice. Soft shales yield material more easily than do tough igneous rocks. It looks as if bedrock of slate in many places has been less resistant to the action of the ice when the direction of the dip has been the same as that of the ice movement. In igneous bedrock the power of resistance to the action of the ice has likely been reduced by a comprehensive development of joints and structures. From investigations within the Oslo region it appears as if bedrock of granite, nordmarkite, and closely related syenites, has shown a greater tendency to become transformed into morainic material than larvikite and kjelsåsité. There seems to exist a general law to the effect that such material has been produced more easily from an igneous rock rich in silicon than from one poor in silicon. Morainic soils originating in a region with many different plutonic rocks, should, thus, be somewhat richer in silicon, on the average, than the bedrock itself.

The topography has had much influence on the movement of the ice, and thereby on the forming of the morainic covers, as well.

Many of the coarse-grained, autochthonic, monogenous morainic deposits, described from eastern Norway, are situated at great elevations in the terrain. This seems to be at variance with the conclusions reached by Lundqvist for Bergslagen in Sweden. It may, however, be explainable by the fact that the Norwegian regions investigated have been less exposed to the ice streams.

Earlier the morainic soils originating from the bedrock in situ was thought to exist mostly near the ice shed. By these investigations, however, autochthonic, monogenous morainic soils were demonstrated in many places due south towards the terminal moraine called the »Ra«, i.e. in districts where traces of considerable advances by the ice front at the end of the glacial period are encountered. Such deposits have arisen where the ice (1) has brought no material from other rock areas, and (2) has attacked the bedrock.

There is a great deal of cultivated morainic soils originating solely

from phyllite or clay slate. The morainic material formed in situ of igneous rocks is as a rule unsuited for cultivation, on account of its great content of stones and boulders.

Some occurrences of morainic clay were dealt with separately. The possibility of forming morainic clay by mixing sedimentary clay and coarser morainic material has been discussed. It has been ascertained that some occurrences of morainic clay in Nordmarka and in Hurdal are of older date than the ordinary morainic cover. For the time being the question whether this morainic clay has been left over from the glacial period before last, or whether the deposits have come into being at an early stage of the last glaciation, remains undecided. Older reports of interglacial deposits in Norway have been discussed.

In literature mention has been made of an occurrence of morainic clay in the forest Menstadseterskogen in Gjerpen. By these investigations it has been decided that the material is residual soils of basaltic lava. Dr. Ivan Th. Rosenqvist has determined minerals of the montmorillonite group by an X-ray method. We must after this allow for the possibility of finding an admixture of such clay minerals in larger areas glaciated during the last glacial period, too.

Some 60 samples of pulverized minerals and rocks (particle-size just below 0.088 mm.), and nearly 40 samples of morainic soils of syenites, granite, and sedimentary rocks from the Oslo region and phyllite were analysed at the laboratory. The samples are listed on pp. 101—106, and translations of names and expressions are found on pp. 210—211.

The mechanical analyses of morainic material of granite, nordmarkite and closely related syenites on one side, and phyllite on the other, showed little divergence as to the content of clay. In most of the samples the numbers for the material < 0.002 mm. were under 5—6 %. Thus, the old conception that there necessarily will be a high content of clay in soil material from such schistic rocks as phyllite is not correct. The morainic soils of phyllite, however, had a considerably higher content in the next fractions, so that the difference becomes significant when the whole material under 0.02 mm. or 0.06 mm. is included.

Some determinations were made of the gravel content (the fractions 2—6 mm. and 6—20 mm.). All the samples of morainic soils derived from these two groups of rocks contained a great deal of gravel.

The content of stones and boulders in the moraines has been determined by direct measuring in cuts through the deposits. Combined with the results of a mechanical analysis in which the gravel content, as well, has been determined, it, thus, forms a material for the evaluation of the proportions of all the fractions in the loose deposit. As to the morainic soil of the igneous rocks of the Oslo region the highest percentages were encountered partly for one of the gravel fractions, partly for one of the stone fractions, and partly first for the fraction > 20 cm. The morainic soils of phyllite had as a rule very little material in the fractions exceeding 6 cm. The relative content of finer material, e.g. the total of the fractions under 2 mm., will in accordance ordinarily be much greater in a morainic soil of phyllite than in one of syenites or granite of the Oslo region. Such a deposit of morainic soil of phyllite will, thus, contain much more clay, even if the clay content of the material < 2 mm. be the same.

All the analytical numbers encountered in literature by the author for the mechanical composition of samples of Norwegian morainic soils, have been collocated. A total of 365 samples have been included. From the results of my own investigations of methods relating to determinations of the gravel content I assume that many of the analytical numbers for this fraction involve great errors. The analytical results have, therefore, been recalculated, with the material < 2 mm. as a basis, and a few results of the comparisons are given in Figs. 20—23.

Attention has been drawn to a few factors which should be taken into account in future investigations on the mechanical composition of morainic soils.

All the samples of minerals and rocks have an alkaline reaction. The bulk of the samples have a pH exceeding 8.5 in aqueous suspension. It is strongly advised to stop using the terms acid and basic of rocks rich and poor in silicon, respectively. The samples of morainic material have an acid reaction. pH is especially low for the soil samples of the igneous rocks of the Oslo region.

The carbonate content of the samples have been determined.

In Figs. 24—55 are reproduced some titration curves. By comparing the curves we find of course a pronounced buffer capacity towards acid in rock samples rich in carbonate. Moreover, the buffer capacity is generally great in biotite- and muscoviterich rock material, and otherwise in material containing large quantities of exchangeable metallic cations. Samples of rocks and minerals with a great buffer capacity

towards acid showed a tendency towards being relatively resistant to changes in reaction due to additions of hydroxide solutions, as well. The curves representing the samples of morainic soils distinguish themselves, among other things, by a much lower pH in aqueous suspension.

To obtain more exact expressions of the resistance to change of reaction buffer-percentage curves were constructed. Buffer-percentage means the percentage of added H-ions or OH-ions effecting no changes in the reaction of the suspension (LÅG 1945 a).

All the samples of minerals and rocks have a buffer-percentage exceeding 99.9 for the smallest admixture of acid. Generally the numbers lie close to 100 for additions of somewhat larger quantities of acid, too. With additions of 15—20 and of 20—40 milligramme equivalents (m. e.) per 100 g. of material the curve often has a distinct fall. Ordinarily the buffer-percentage is lowest for the largest admixture of acid (60—100 m. e.). There are samples free from carbonate and samples with but a slight content of carbonate, which have a buffer-percentage exceeding 98, even for the greatest additions of acid.

When sodium hydroxide solutions is added, the buffer-percentages for samples of minerals and rocks have much lower values on the average. Less than one-tenth of the numbers exceed 90 %.

The curves representing the samples of morainic soils are of a different character. At the smallest admixture of acid the buffer-percentage is often 90—98, for some samples even considerably lower. The curves usually exceed 99 %, however, for the smallest admixture of hydroxide solution. In the majority of cases the buffer-percentages are essentially higher for sodium hydroxide than for hydrochloric acid, even at the greatest additions of the electrolytes. The samples of morainic soils have accordingly less buffer capacity towards acid and a greater one towards base than the pulverized samples of the same rocks.

In the present paper are represented the results of a laboratory experiment in which was determined the buffer capacity in pulverized rocks through which large quantities of water had percolated. The treatment resulted in a decrease in pH, increase in buffer-percentage towards admixtures of sodium hydroxide, and a decrease towards admixtures of hydrochloric acid. The buffer capacity, thus, changed somewhat towards that found in samples of morainic soils.

Examples of buffer-percentage curves are presented in Figs. 56—59.

By way of comparison with pH-values in aqueous suspensions, measurements of pH have been carried out in suspensions with 1 molar (1 m.) KCl and NaCl and 0.5 molar (0.5 m.) Na_2SO_4 , MgSO_4 , MgCl_2 , and BaCl_2 . It has been ascertained that MgSO_4 , MgCl_2 , and BaCl_2 cause a great decrease in pH for the pulverized samples of minerals and rocks. As this powder has primary lattice structure without hydrogen ions, the fall of pH cannot be explained as the result of a simple exchange process of cations. The cause of the increase in H-ion concentration is conceivably (1) Release of iron- and aluminium ions, or (2) The mineral powder generally absorbs H-ions from the water; if salt is added, however, this process may be depressed more or less. On comparing the results with the titration curves we find that the pH decrease often corresponds to an admixture of many m. e. per 100 g.

Roughly, the pH values of the morainic soils range low in potassium and sodium chlorides and relatively high in magnesium sulphate. Compared with morainic soils of the igneous rocks of the Oslo region the morainic soils of phyllite have an exceptionally heavy lowering of pH in KCl and a comparatively slight lowering in MgCl_2 . The increase in the H-ion concentrations in KCl and BaCl_2 corresponds to admixtures of acid of from barely 0.1 to about 1.0 m. e. per 100 g.

The quantities of exchangeable Ca, Mg, K, and Na have been determined. For the samples of minerals and rocks the sum vary from barely 3 to barely 23 m. e. per 100 g. The cation exchange capacity is high for material rich in biotite and muscovite. There are wide variations in the quantitative ratio of the different ions. The content, in equivalents, of Ca, Mg, K, and Na averages in rounded numbers for the rock samples $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{6}$, and $\frac{1}{12}$, respectively.

In biotite-schist and muscovite the content of exchangeable potassium as a rule ranges quite high. A muscovite sample has a content of nearly 13 m. e. per 100 g. Two samples possess large quantities of copper extractable in NH_4Cl .

In many of the samples of morainic soils the content of exchangeable metallic cations is lower than in rock samples.

The relative content of calcium is pervadingly low in the samples of morainic material. In soils of granite and syenites of the Oslo region the content of magnesium exceeds that of calcium. The mean calcium content is less than 20 % for this group, and approaches 50 % for the samples of the morainic soils of phyllite. In literature it has often been

stated that calcium constitutes about 80 % of the exchangeable metallic cations in the fairly neutral soils in a humid climate.

Some of the samples of igneous rocks of the Oslo region have a very high relative content of sodium.

A determination of the percentage saturation for such soils would in a great many cases lead to quite fallacious results if the content of metallic cations other than calcium were not taken into account.

Easily soluble phosphorus has been determined according to Egnér's lactate method and potassium according to Egnér's method employing monochloroacetic acid and to Riehm's modification of the lactate method.

The lactate value exceeds 6.0 for the whole samples of larvikite-kjelsås and sørkedalite, and for most of those of rhomb porphyries. All the samples of quartz, muscovite, biotite-schist, spargmite, and quartzitic rocks have lactate values of 0.0. Cultivated soils containing as much easily soluble phosphorus as do the samples of larvikite-kjelsås and sørkedalite, should show little or no increase in yield after fertilization with phosphate.

Earlier analyses of the total content of phosphorus in the different groups of rocks have been discussed.

The morainic soils of nordmarkite-eikerite and phyllite is usually very poor in readily available phosphorus. There is a significant difference between the lactate values for the material of igneous rocks of the Oslo region and the morainic soils belonging to the same group of rocks. Only 1 out of the 14 samples of morainic material of phyllite contains measurable quantities of easily soluble phosphorus.

The content of easily soluble potassium is very high in nearly all the samples of minerals and rocks examined. Only 5 of the samples have M-values below the limit of a very good supply of potassium, according to Egnér's classification, and more than half of them have numbers exceeding this border value doubled. Samples of biotite-schist and muscovite have huge numbers. The feldspar samples have M-values of the same order as the granite samples.

The morainic soils investigated have commonly small quantities of easily soluble potassium. Approximately half of the samples have M-values which should be indicative of a very low supply of potassium. The content of potassium is just as small in the morainic soils of phyllite as in those of nordmarkite-eikerite.

Compared with the pulverized material of nordmarkite-eikerite and phyllite the morainic soils of the same groups of rocks has a lower pH, a greater buffer capacity towards admixtures of hydroxide solution, a smaller buffer capacity towards admixtures of acid, roughly speaking a somewhat smaller content of exchangeable metallic cations and easily soluble phosphorus, and a much smaller content of easily soluble potassium.

Figures and tables.

Figs. 1 and 8 are skeleton representations of the ratio of different groups of rocks contained in different types of morainic deposits.

In Figs. 2—5, 7, and 19 are shown morainic soils consisting solely or chiefly of nordmarkite-eikerite. Fig. 3 represents a typical autochthonic, monogenous morainic soil derived from this group of rocks. In Fig. 5 can be seen how a dyke of felsite rock continues upward through the morainic soil.

Fig. 6 contains a survey of the farm Elgstøa in Nordmarka. In the hill to the left of the picture the bedrock is protruding, and the ridge extending from the houses, consists of morainic clay. Fig. 9 gives the view of the valley of the river Hammerstadelva in Ø. Toten. In the underground of the cultivated pastures close to the edge of the forest on either side of the river is morainic clay. In Fig. 10 is seen a wall of morainic clay near Hammerstadelva. A photograph of morainic soil of phyllite rich in stones (Fig. 11) is included to enable a comparison between this soil and the stone-rich morainic soil of eikerite in Fig. 19.

Fig. 12 shows residual soil of basaltic lava. A large part of the homefields of the small farm seen in Fig. 13, is situated on such residual soil.

In Figs. 14 and 15 are shown rock walls consisting of nordmarkite and larvikite-kjelsåsité, respectively.

Fig. 16 represents the average mechanical composition of analysed samples of morainic soils of nordmarkite-eikerite (to the left) and of phyllite (to the right). Figs. 17 and 18 contain examples of the mechanical composition of morainic soils of nordmarkite-eikerite (to the left) and of phyllite (to the right). The system of division is the same as in Fig. 16, and Column 1 represents material > 20 cm.

Previously published analytical figures for samples of morainic soils in Norway are collocated in Figs. 20—23. For the purpose of drawing these four figures, the samples were grouped according to the content in the fine earth of material less than 0.002, 0.02, 0.01, and 0.05 mm., respectively. The height of the columns indicates the distribution of the samples.

The titration curves for pulverized samples of rocks and minerals are represented in Figs. 24—44. 2, 5, 10, 15, 20, 40, 60, and 100 m. e. of HCl, and 2, 5, 10, 15, and 20 m. e. of NaOH were added per 100 g. of air-dry material. The weight ratio between material and liquid is 1 to 10.

In Figs. 45—49 are presented titration curves for samples of morainic soils of igneous rocks of the Oslo region and, in Figs. 50—55 titration curves of

morainic soils of phyllite and sedimentary rocks of the Oslo region. Admixtures of sodium hydroxide of up to 60 m. e. per 100 g. were used in some cases.

Figs. 56—59 represent curves of buffer-percentage. Samples Pr. 2 and 4 in Fig. 58 consist of grayish clay and mudswamp peat, respectively. The curve of the peat sample for admixtures of sodium hydroxide is not distinguishable from the line marking a buffer-percentage of 100. The samples marked with an asterisk in Fig. 59 have been treated with large quantities of water.

pH in suspensions of pulverized rocks and morainic soils in water and salt solutions are set down in Figs. 60—62.

Fig. 63 shows the average ratio of exchangeable cations in the pulverized rock samples. The amount of exchangeable cations in a few individual samples of rocks and minerals is given in Fig. 64. Fig. 65 shows the average content of exchangeable cations in samples of morainic soils of nordmarkite-eikerite and phyllite. Further, a sample of eikerite and of phyllite has been included. The upper, unhatched part of the columns to the left indicate the amount of H-ions. For the rest the symbols in both Fig. 64 and Fig. 65 are identical with those in Fig. 63.

In the tables the decimals are separated from the whole numbers by a comma instead of a point.

A translation of the more important names and expressions in the tables of stone countings (Tabs. 1—16, 18—19, 21—23, and 26—27), and the list of the analysed samples of rocks, minerals, and morainic soils (pp. 101—106).

grunnfjellbergarter	pre-Cambrian (Archean) rocks
gneis	gneiss
granitt	granite
amfibolitt	amphibolite
pegmatitt	pegmatite
Oslofelt-eruptiver	igneous rocks of the Oslo region
leirskifer	clay slate
hornfels	hornfels
kalkstein	limestone
sandstein	sandstone
sannsynligvis fra Oslofeltet	probably belonging to the Oslo region
sparagmitt	sparagmite
kvartsitt	quartzite
basalt	basalt
rombeporfyr	rhomb porphyry
rombeporfyrkonglomerat	conglomerate of rhomb porphyry
andre Oslofelt-eruptiver	other igneous rocks of the Oslo region
larvikitt-kjelsåsitt-rekkens dypbergarter	plutonic rocks of the larvikite-kjelsås site series
andre bergarter	other rocks
lavabergarter	lava rocks
dyperuptiver	plutonic rocks

nordmarkitt med nærstående syenitter	nordmarkite with closely related syenites
gneisgranitt	gneiss-granite
albittgneis	albite-gneiss
leptittisk gneis	leptitic gneiss
distengneis	disthene-gneiss
biotittskifer	biotite-schist
augittbasalt	augite-basalt
fyllitt	phyllite
kvartstittskifer	quartzitic schist
rød sparagmitt	red sparagmite
mikroklin	microcline
muskovitt	muscovite
kvarts	quartz
serisitt	sericite
eikeritt	eikerite (ekerite)
kvarssandstein	quartzitic sandstone
sørkedalitt	sørkedalite
lardalitt	lardalite
foyaitt	foyaite
morenegrus	morainic gravel
morenesand	morainic sand
vesentlig av	chiefly of (more than 90 %)
nesten bare av	almost solely of (more than 95 %)

Tabs. 17, 20, 24, 28, and 30—33 contain percentages for the mechanical composition of the fine earth (< 2 mm.). The significance of the difference between the samples of morainic soils of phyllite and those of morainic soils of igneous rocks of the Oslo region is shown in Tab. 34. In Tabs. 25, 29, and 35 is shown the content of calcium carbonate expressed in relation to dry matter. pH in suspensions with water and salt solutions are represented in Tabs. 36 and 38. Tab. 37 shows the quantities of acid to which the pH decrease corresponds for some samples at the admixture of 0.5 m. MgSO_4 and BaCl_2 .

The content of exchangeable cations is represented in Tabs. 39—48 and 50—51. The quantities are expressed in m. e. per 100 g. of dry matter, exchangeable with 1 m. NH_4Cl . Further, a few figures for the quantities of Ca, calculated as % of CaO, soluble in 10 % NH_4Cl are included. In Tab. 49 is shown that the cation exchange capacity in pulverized rock samples has undergone but little change under the treatment with 1 m. NH_4Cl .

In Tabs. 52—57 one finds the lactate value (mg. P_2O_5 per 100 g. of material), and in Tabs. 58—65 the quantities of easily soluble potassium. The last-mentioned tables have the M-values in the column nearest to the numbers of the samples, and the values according to Riehm's modification of the lactate method in the other column.

VI. Litteratur, brukt under utarbeiding av avhandlingen.

- Aaltonen, V. T.* (1937): Einige pH-Bestimmungen in Waldböden. — *Communicationes instituti forestalis Fenniae*. 25, 2. 52 s. — Helsinki.
- (1939): Zur Stratigraphie des Podsolprofils besonders vom Standpunkt der Bodenfruchtbarkeit. II. — *Communicationes instituti forestalis Fenniae*. 27, 4. 133 s. — Helsinki.
- (1941): Zur Stratigraphie des Podsolprofils besonders vom Standpunkt der Bodenfruchtbarkeit. III. — *Communicationes instituti forestalis Fenniae*. 29, 7. 47 s. — Helsinki.
- Aarnio, B.* (1926): Om de finska jordarterna och särskilt deras bördighet. — Beretn. om N.J.F.'s tredje Kongres. Nordisk Jordbrugsforskning. 1926, H. 4—7, s. 370—377. — København.
- (1934): Über die Einwirkung der Gesteinsarten auf die Pflanzennährstoffe des Naturbodens. — *Agrogeologia julkaisuja*. No. 35. 21 s. — Helsinki.
- (1938): Die mechanische Zusammensetzung der Moräne in Finnland. — *Maataloustieteellinen Aikakauskirja*. 10, 1938, 1—11. — Helsinki.
- Aarstad, H.* (1915): Jordbunden i Lund og Helleland, Dalerne. — *Jordbundsbeskr.* nr. 10. 46 s. Utg. av Det kgl. Selskap for Norges Vels jordbundsutvalg. — Kristiania.
- Alexander og Hendricks*: se Hendricks and Alexander.
- Andersen, S. A.* (1945): Isstrømmenes Retninger over Danmark i den siste Istid, belyst ved Ledeblokundersøgelser. — *Medd. fra Dansk Geologisk Forening*. 10, s. 594—608. — København.
- (Dessuten diskusjonsinnlegg i samme bind s. 612—614.)
- Atterberg, Alfred* (1912): Mekaniska jordanalysen och klassifikationen af de svenska mineraljordslagen. — *Kungl. landtbruks-akademiens handlingar och tidskr.* 51, 1912, 438—463. — Stockholm.
- Barth, Tom. F. W.* (1939): Geomorphology of Vest-Agder Fjord-Land. — *Norsk Geografisk Tidsskr.* 7, 1938—1939, 290—305. — Oslo.
- (1940): Norske mineraler av beidellit-gruppen. — *Norsk Geologisk Tidsskr.* 19, 1939, 300—310. — Oslo.
- (1945): Studies on the Igneous Rock Complex of the Oslo Region. II. Systematic Petrography of the Plutonic Rocks. — *Skrifter utg. av Det Norske Videnskaps-Akademi i Oslo*. 1, 1944, No. 9. 104 s. — Oslo.
- Barth*: se Rove.
- Berdal og Solberg*: se Solberg og Berdal.
- Bjørlykke, Harald* (1929): Jordbunnen på Lista. — *Jordbunnsbeskr.* nr. 25. Meld. fra Norges Landbrukshøiskole. 9, 1929, 113—184. — Oslo.
- (1933): Noen analyser av jordprofiler fra Nordre Gudbrandsdal. — *Norsk Geologisk Tidsskr.* 13, 1933, 79—101. — Oslo.
- Bjørlykke, K. O.* (1893): Gausdal. Fjeldbygningen inden rektangelkartet Gausdals omraade. — *Norges geologiske undersøgelse*. No. 13. 36 s. — Kristiania.

- Bjørlykke, K. O.* (1898): Geologisk kart med beskrivelse over Kristiania by. — Norges geologiske undersøgelse. No. 25. 86 s. — Kristiania.
- (1900 a): Lidt om Aas-Morænen. — Tidsskr. for Det norske Landbrug. 7, 1900, 12—20. — Christiania.
- (1900 b): Plan for Jordartsundersøgelser og Jordbunds-karter. — Tidsskr. for Det norske Landbrug. 7, 1900, 558—569. — Christiania.
- (1905): Om ra'ernes bygning. — Norges Geologiske Undersøgelse. No. 43. Aarbog for 1905, II. 20 s. — Kristiania.
- (1906): Om stenene og jordbunden. Kortfattet lærebog i geologi og jordbunds-lære særlig for landbrugsskoler. 138 s. — Kristiania.
- (1908): Jæderens geologi. — Norges Geologiske Undersøgelse. No. 48. 160 s. — Kristiania.
- (1909): Die Bodenverhältnisse in Norwegen. — Comtes rendus de la première conférence internationale agrogéologique. S. 115—122. — Budapest.
- Bjørlykke [K. O.]* (1910): [Utredning om] hvem der har prioriteten for glacial-teorien i Norden, Kjerulf eller Torell. — Norsk geologisk forenings historie og virksomhet til utgangen av 1909. S. 56—57. Norsk Geologisk Tidsskr. 1, No. 13. — Kristiania.
- Bjørlykke, K. O.* (1913): Norges kvartærgeologi. — Norges Geologiske Undersøgelse. Nr. 65. 269 s. — Kristiania.
- (1914): Havler og moræne. Spredte træk om lagningsforholdene. — Norsk Geologisk Tidsskr. 3, No. 2. 24 s. — Kristiania.
- (1915): Ueber frühere und gegenwärtige Bodenuntersuchungen in Norwegen. — Internationale Mitteilungen für Bodenkunde. 5, 1915, 113—126. — Berlin.
- (1916): Jordbunden paa Romerike. — Jordbundsbeskr. nr. 14. 112 s. Utg. av Det kgl. Seiskap for Norges Vels jordbundsutvalg og Akershus Amts Landhusholdningsselskap. — Kristiania.
- (1927): Jordarter og jordprofiler i Norge. — Jordundersøkelsens småskr. nr. 15. Meld. fra Norges Landbrukshøiskole. 7, 1927, 375—420. — Oslo.
- (1928): Jordprofiler fra Møre fylke. — Nordisk Jordbrugsforskning. 10, 1928, 49—67. — København.
- (1930): Jordprofiler fra det centrale Norge. — Nordisk Jordbrugsforskning. 11—12, 1929—30, 449—477. — København.
- (1931): Om Norges jordsmonn. — Norsk Geologisk Tidsskr. 12, [1932], 89—116. — Oslo.
- (1932 a): Tilbakeblikk over geologiske opdagelser og fremskritt i vårt land i senere tid. — Høiskolelagets skrifter nr. 2, s. 37—48. Utg. av Norges Landbrukshøiskoles Høiskolelag. — Oslo.
- (1932 b): De norske jordbunnsundersøkelser og deres resultater. — Tidsskr. for Det norske Landbruk. 39, 1932, 146—156. — Oslo.
- (1933): Jordarter og jordsmonn i Østfold fylke. — Skrifter utg. av Det Norske Videnskaps-Akademi i Oslo. I, 1933, No. 3. 106 s. — Oslo.
- (1935): Jordbunnen på Norges forsøks- og landbruksskolegårder. — N. L. Høiskolelagets skrifter nr. 5. Norsk Geologisk Tidsskr. 15, 1935, 123—266. — Oslo.
- (1938): Jordbunnen i Murudalen og tilgrensende strøk (Slangen, Heidal). — Tidsskr. for Det norske Landbruk. 45, 1938, 40—47. — Oslo.
- (1940): Utsyn over Norges jord og jordsmonn. — Norges Geologiske Undersøgelse. Nr. 156. 235 s. — Oslo.
- og *Løddesøl, Aasulv* (1930): Jorden i Ås. — Jordbunnsbeskr. nr. 26. Meld. fra Norges Landbrukshøiskole. 10, 1930, 267—353. — Oslo.
- Bondorff, K. A.* (1938): Markanalysens nuvarande omfang og tillämpning. I. Danmark. — Beretn. om N. J. F.'s sjette Kongres. Nordisk Jordbrugsforskning. 1938, H. 4—7, s. 553—556. — København.
- Bonnier, G.* och *Tedin, O.* (1940): Biologisk variationsanalys. 325 s. — Stockholm.
- Bornebusch, C. H.* og *Milthers, Keld* (1935): Jordbunds-kort over Danmark. —

- Danmarks Geologiske Undersøgelse. 3. Række, Nr. 24. 68 s. — København.
- Braadlie, O.* (1937): Om bestemmelse av jordens kalktrang ved laboratorieundersøkelser. — Tidsskr. for Kjemi og Bergvesen. 17, 1937, 83—87 og 114—118. — Oslo.
- [1946]: Analysemetoder for jord, brenntorv, og torvstrø, til foreløbig bruk ved Statens Landbrukskjemiske Kontrollstasjoner. [Stensiltrykk.]
- Braadlie og Løddesøl*: se Løddesøl og Braadlie.
- Broch, Olaf Anton* (1926): Ein suprakrustaler Gneiskomplex auf der Halbinsel Nesodden bei Oslo. — Norsk Geologisk Tidsskr. 9, 1926—1927, 81—223. — Oslo.
- Brøgger, W. C.* (1877): Om beskaaffenheden af gruset ved Hougesæter på den romerikske slette. — Geologiska Föreningens . . . Förhandlingar. 3, 1876—1877, 234—241. — Stockholm.
- (1900—1901): Om de senglaciale og postglaciale nivåförändringar i Kristianiafeltet. — Norges geologiske undersøgelse. No. 31. 731 s. — Kristiania.
- (1933): Die Eruptivgesteine des Oslogebietes. VII. Die chemische Zusammensetzung der Eruptivgesteine des Oslogebietes. — Skrifter utg. av Det Norske Videnskaps-Akademi i Oslo. I, 1933, No. 1. 147 s. — Oslo.
- Bugge, Carl* (1939): Hemsedal og Gol. Beskrivelse til de geologiske gradteigskarter . . . — Norges Geologiske Undersøkelse. Nr. 153. 84 s. — Oslo.
- Byrkjeland, J.* (1919): Jordi i Seljord og Kviteseid. — Jordbundsbeskr. nr. 16. 48 s. Utg. av Det kgl. Selskap for Norges Vels jordbundsutvalg. — Kristiania.
- Caldenius, Carl* (1942): Gotiglaciala israndsstudier och jökeldäddar i Halland. — Geologiska Föreningens . . . Förhandlingar. 64, 1942, 163—183. — Stockholm.
- Christophersen, Erling* (1925): Soil Reaction and Plant Distribution in the Sylene National Park, Norway. — Transactions of the Connecticut Academy of Arts and Science. 27, s. 471—577. — New Haven.
- Conclusions of the First Commission. — Proceedings and Papers of the Second International Congress of Soil Science. Leningrad-Moscow . . . 1930. Commission I. Soil Physics. S. XXIV—XXVI. — Moscow 1932.
- Cornu, F.* (1905): Versuche über die saure und alkalische Reaktion von Mineralien, insbesondere der Silikate. — Tschermak's mineralogische und petrografische Mitteilungen. 24, s. 417—433. — Wien.
- Cranner, B. Hansteen* (1922): Om vegetationsforsøk med glimmermineraleerne biotit og sericit som kalikilde. — Statens Raastofkomite. Publikation Nr. 14. Norges Geologiske Undersøkelse. Nr. 114. 37 s. — Kristiania.
- Daikuhara, G.* (1914): Ueber saure Mineralböden. — The Bulletin of the Imperial Central Agricultural Experiment Station. Japan. 2, No. 1, s. 1—40. — Tokio.
- Damsgaard-Sørensen, P.* (1941): Kationombytning i Jorden. III. Bidrag til Kationombytningens almindelige Teori og dens Anvendelse ved Bestemmelsen af de ombyttelige Kaliumioner i Jord. — Tidsskr. for Planteavl. 46, s. 1—150. — København.
- Dietrichson, Brynjulf* (1923): Undersøkelser over norske lerer. II. Norske lerforekomster: A. Østfold, Buskerud, Vestfold, Telemark, Aust-Agder, Vest-Agder, Rogaland, Hordaland, Sogn og Fjordane, delvis Akershus og Hedmark. — Statens Raastofkomite. Publikation Nr. 16. Norges Geologiske Undersøkelse. Nr. 116. 58 s. — Kristiania.
- (1924): Undersøkelser over norske lerer. IV. Norske lerforekomster: B. Møre, Sør-Trøndelag, Nord-Trøndelag, delvis Nordland samt resterende del av Akershus, Hedmark og Buskerud fylker. — Statens Raastofkomite. Publikation Nr. 20. Norges Geologiske Undersøkelse. Nr. 120. 52 s. — Kristiania.
- Egnér, H.* (1940): Bestimmung der Kalibedürftigkeit des Bodens auf chemischem Wege. — Bodenkunde und Pflanzenernährung. 21—22, s. 270—277. — Berlin.

- Egnér, H., Köhler, G. und Nydahl, F. (1938): Die Laktatmethode zur Bestimmung leichtlöslicher Phosphorsäure in Ackerböden. — Lantbrukshögskolans Annaler. 6, 1938, 253—298. — Uppsala.
- Ekström, Gunnar (1927): Klassifikation av svenska åkerjordar. — Sveriges geologiska undersökning. Ser. C, No. 345. Årsbok 20, 1926, No. 6. 161 s. — Stockholm.
- (1940): The cultivated moraine soils in Scania. — Soil Research. 7, 1940—1942, 40—52. — Berlin.
- (1943): Jordklassifikationen vid den praktiska jordkarteringen. — Handlingar till lantbruksveckan år 1943. S. 239—246. — Norrtälje.
- Esmark, Jens (1824): Bidrag til vor Jordklodes Historie. — Magazin for Naturvidenskaberne. 3, s. 28—49. — Christiania.
- (1829): Reise fra Christiania til Trondhjem op gjennem Østerdalen, og tilbage over Dovre, samt en Tour til Jemteland. 81 s. — Christiania.
- Gaarder, Torbjørn (1930): Die Bindung der Phosphorsäure im Erdboden. [I.] Die Löslichkeit der Phosphorsäure in wässrigen Elektrolytlösungen bei wechselndem pH-Wert und Kationen-Inhalt. — Medd. nr. 14 fra Vestlandets forstlige Forsøksstation. Bd. 4, H. 4. 140 s. — Bergen.
- und Grabl-Nielsen, O. (1935): Die Bindung der Phosphorsäure im Erdboden. II. Untersuchungen aus Westnorwegen. — Medd. nr. 18 fra Vestlandets forstlige Forsøksstation. Bd. 5, H. 4. 107 s. — Bergen.
- og Hagem, Oscar (1921): Salpetersyredannelse i udyrket jord. I. Orienterende analyser. — Medd. nr. 4 fra Vestlandets forstlige forsøksstation. Bd. 2, H. 2. 172 s. — Bergen.
- og Hagem, Oscar (1928): Salpetersyredannelse i udyrket jord. II. Nitrifikationens avhengighet av vandstofionkoncentrationen. — Medd. nr. 11 fra Vestlandets forstlige forsøksstation. Bd. 4, H. 1. 194 s. — Bergen.
- Gleditsch, Chr. (1945): A Rapid Survey of the Pre-Cambrian Areas Around the Oslo-Fiord (the Waters Oslo-Son). — Norsk Geologisk Tidsskr. 25, [1945], 147—158. — Oslo.
- Glømme, Hans (1921): Jordbunden i Buskerud fylke. — Jordbundsbeskr. nr. 19. 168 s. Bilag til Meld. fra Norges Landbrukshøiskole. 2, [1922]. — Kristiania.
- (1925): Om jordsmonnet paa forsøksgaarden Møistad, Hedmark fylke. — Meld. fra Norges Landbrukshøiskole. 5, [1925], 33—92. — Oslo.
- (1926 a): Om jordsmonnet på forsøksgården Vollebæk og Grønsakforsøkenes forsøksfelt i Ås. — Meld. fra Norges Landbrukshøiskole. 6, [1926], 313—358. — Oslo.
- (1926 b): Jordprofilbildningen på sparagmitisk morene i Mjøstraktene. — Beretn. om N. J. F.'s tredje Kongres. Nordisk Jordbruksforskning. 1926, H. 4—7, s. 357—369. — København.
- (1928): Orienterende jordbunnsundersøkelser innen Østlandets og Trøndelagens skogstrakter. — Medd. fra Det norske Skogforsøksvesen. Nr. 10. Bd. 3, H. 1, s. 1—216. — Oslo.
- (1932 a): Om jordbunnsforholdene på Hadeland. — Hadeland. Bygdens historie. 1, s. 133—180. — Oslo.
- (1932 b): Undersøkelser over ulike humustypers ammoniakk- og nitratproduksjon samt faktorer som har innflytelse på disse prosesser. — Medd. fra Det norske Skogforsøksvesen. Nr. 14. Bd. 4, H. 1, s. 37—328. — Oslo.
- (1940): Jordbunnsforholdene i Vardal. — Vardal bygdebok. 4, s. 160—185. — Gjøvik.
- Goldschmidt, V. M. (1926): Undersøkelser over lersedimenter. — Beretn. om N. J. F.'s tredje Kongres. Nordisk Jordbruksforskning. 1926, H. 4—7, s. 434—445. — København.
- (1928): Om dannelse av laterit som forvittringsprodukt av norsk labradorsten. — [Festskrift til] H. Sørli. S. 21—24. — Oslo.

- Goldschmidt, V. M.* (1938): De senere års utvikling av vårt kjennskap til geokjemien. — *Naturen*. 62, 1938, 321—334 og 353—362. — Bergen.
- og *Johnson, E.* (1922): Glimmermineralernes betydning som kalikilde for planterne. — Statens Raastofkomite. Publikation Nr. 8. Norges Geologiske Undersøkelse. Nr. 108. 89 s. — Kristiania.
- Grahl-Nielsen* og *Gaarder*: se Gaarder und Grahl-Nielsen.
- Grande, Ingvald* (1920): Jordbunden paa kartbladene Trondhjem og Melhus samt i tilstøtende egne av Søndre og Nordre Trondhjems amter. — Jordbundsbeskr. nr. 15. 137 s. Utg. av Det kgl. Selskap for Norges Vels jordbundsutvalg. — Kristiania.
- Granlund, E. och Lundqvist, G.* (1937): Några iakttagelser från en resa i Helgeland sommaren 1935. — *Norsk Geografisk Tidsskr.* 6, 1936—37, 11—24. — Oslo.
- Granlund, Erik* (1943): Beskrivning till jordartskarta över Västerbottens län nedanför odlingsgränsen. — Sveriges geologiska undersökning. Ser. Ca, No. 26. 165 s. — Stockholm.
- och *Wennerholm, Sten* (1935): Sambandet mellan moräntyper samt bestånds- och skogstyper i Västerbottens lappmarker. — Sveriges geologiska undersökning. Ser. C. No. 384. Årsbok 28, 1934, No. 4. 65 s. — Stockholm.
- Gyland, Konrad* (1935): Jordbunnsforholdene i Gyland og Bakke, Vest-Agder fylke. — Jordbunnsbeskr. nr. 28. Meld. fra Norges Landbrukshøiskole. 16, 1936, 118—153. — Oslo. [Særtrykket er feilaktig angitt å være av Bd. 15, 1935.]
- Haave, Einar* (1914): Jordbunden i Maalselven, Sørreisa og Bardu herreder. — Jordbundsbeskr. nr. 9. 53 s. Utg. av Det kgl. Selskap for Norges Vels jordbundsutvalg. — Kristiania.
- Hagem* og *Gaarder*: se Gaarder og Hagem.
- Hansen, Andr. M.* (1895): Om beliggenheten av bræskillet og forskellen mellem kyst- og kontinental-siden hos den skandinaviske storbræ. — *Nyt Magazin for Naturvidenskaberne*. 34, s. 112—214. — Christiania.
- (1903): Litt om Mjøsøkelen. — Norges geologiske undersøgelse. No. 37. Aarbog for 1904, No. 3. 23 s. — Kristiania.
- (1929): Bre og biota. — Skrifter utg. av Det Norske Videnskaps-Akademi i Oslo. I, 1929, No. 5. 255 s. — Oslo.
- Hart, R.* (1929): Studies in the Geology and Mineralogy of Soils. I. A Detailed Study of a Region Characterised by Diverse Rocks and partly covered by Glacial Drift. II. Soils of South-East Scotland. — *The Journal of Agricultural Science*. 19, 1929, 90—105 og 802—813. — Cambridge.
- Haugum, Ole* (1936): Jordbunnsforholdene i Bærum, Akershus fylke. — Jordbunnsbeskr. nr. 30. Meld. fra Norges Landbrukshøiskole. 16, 1936, 402—448. — Oslo.
- (1938): Jordbunnen i Inderøy, Røra og Sandvollan, Nord-Trøndelag fylke. — Jordbunnsbeskr. nr. 33. 40 s. Særtrykk av bygdebok over Inderøy prestegjeld. — Steinkjer.
- Heggenhougen, Sverre* (1923): Kalkens anvendelse i landbruket. — Jordundersøkelsens småskr. nr. 12. 47 s. — Kristiania.
- Helland, Amund* (1874): Om Mægtigheden af Bræerne i Norge under Istiden. — Geologiska Föreningens . . . Förhandlingar. 2, 1874—1875, 168—177. — Stockholm.
- (1893): Jordbunden i Norge. — Norges geologiske undersøgelse. No. 9. 464 s. — Kristiania.
- (1913): Topografisk-statistisk beskrivelse over Kristians amt. — Norges land og folk. V. Del 1 og 4. 615 s. og 569 s. — Kristiania.
- Hendricks, Sterling B. and Alexander, Lyle T.* (1940): A Qualitative Color Test for the Montmorillonite Type of Clay Minerals. — *Journal of the American Society of Agronomy*. 32, 1940, 455—458. — New York.
- Heyerodahl, Hieronymus* (1811): Bidrag til en mineralogisk-geognostisk Beskrivelse over Ringsagers og Totens Præstegjelde i Aggershuus Stift. — Topo-

- grafisk-Statistiske Samlinger. Udg. af Det Kgl. Selskab for Norges Vel. 1, s. 1—60. — Christiania.
- Hissink, D. J.* (1922): Beitrag zur Kenntnis der Adsorptionsvorgänge im Boden. — Internationale Mitteilungen für Bodenkunde. 12, 1922, 81—172. — Berlin.
- (1924): Base Exchange in Soils. — Transactions of the Faraday Society. 20, 1924—1925, 551—566. — London.
- Holmsen, Gunnar* (1915): Brædæmte sjøer i nordre Østerdalen. — Norges Geologiske Undersøkelse. Nr. 73. 211 s. — Kristiania.
- (1924): Hvordan Norges jord blev til. — Norges Geologiske Undersøkelse. Nr. 123. 118 s. — Kristiania.
- Holte Dahl, Olaf* (1925): Studier over isrand-terrassene syd for de store østlandske sjøer. — Skrifter utg. av Videnskapsselskapet i Kristiania. I, 1924, No. 14. 110 s. — Kristiania. [På omslaget står årstallet 1924.]
- (1927): Fosforsyreinnholdet i den kambrosiluriske lagrekke ved Oslo, efter analyser utført av Frk. H. Hougen. — Statens Råstoffkomité. Publikasjon Nr. 26. 23 s. — Oslo.
- (1931): Hvordan landet vårt blev til. En oversikt over Norges geologi. 183 s. — Oslo.
- (1943): Studies on the Igneous Rock Complex of the Oslo Region. I. Some Structural Features of the District near Oslo. — Skrifter utg. av Det Norske Videnskaps-Akademi i Oslo. I, 1943, No. 2. 71 s. — Oslo.
- og *Schetelig, Jakob* (1923): Kartbladet Gran. — Norges Geologiske Undersøkelse. Nr. 97. 46 s. — Kristiania.
- Horn, Gunnar og Isachsen, Fridtjov* (1943): Et kullfund i Skagerrak-morenen på Jæren. — Norsk Geologisk Tidsskr. 22, 1942, 15—46. — Oslo.
- Hovden, Anders A.* (1937): Kjemiske undersøkelser av jord på langvarige gjødslingsfelter og noen andre jordprøver. — Meld. fra Statens forsøksgård på Møistad for 1936. 103 s. Tillegg H til Meld. . . . utg. av Landbruksdirektøren. — Oslo.
- (1942): Noen undersøkelser av jord og jordkolloider i samband med elektrodialyse og andre inngrep i jorda. — Meld. fra Norges Landbrukshøgskole. 22, 1942, 339—486. — Oslo.
- Hundseid, J.* (1911): Jordbunden i nordre Jarlsberg. — Jordbundsbeskr. nr. 4. 55 s. Utg. av Det kgl. Selskap for Norges Vels jordbundsutvalg. — Kristiania.
- Hustad, P. K.* (1913): Jordbunden i Sparbu herred. — Jordbundsbeskr. nr. 8. 42 s. Utg. av Det kgl. Selskap for Norges Vels jordbundsutvalg. — Kristiania.
- Hørbye, I. C.* (1859): Fortsatte Iagttagelser over de erratiske Phænomenen. — Nyt Magazin for Naturvidenskaberne 10, s. 232—261. — Christiania.
- Hørbye, J. C.* (1855): Det erratiske Phænomen paa Rigsgrænsen. — Nyt Magazin for Naturvidenskaberne. 8, s. 337—384. — Christiania.
- (1857): Notitser om det erratiske Phænomen i Lofoten, Senjen og ved Tromsø. — Nyt Magazin for Naturvidenskaberne. 9, s. 21—30. — Christiania.
- Hörner, N. G.* (1944): Moräns mekaniska sammansättning. Några överbåganden i anknytning till moränskarningar i Uppsalatrakten. — Geologiska Föreningens . . . Förhandlingar. 66, 1944, 699—720. — Stockholm.
- Isachsen og Horn*: se Horn og Isachsen.
- Jensen, S. Tovborg* (1936): Kalkens Omsætninger i Jordbunden, teoretisk og eksperimentelt belyst. — Tidsskr. for Planteavl. 41, s. 571—649. — København.
- Johnson*: se Rove.
- Johnson og Goldschmidt*: se Goldschmidt og Johnson.
- Kaldbøl, H.* (1910): Jordbunden i Hornindal. — Jordbundsbeskr. nr. 2. 32 s. Utg. av Det kgl. Selskap for Norges Vels jordbundsutvalg. — Kristiania.

- Kaldhol, H.* (1915): Jordbunden i Tresfjorden. — Jordbundsbeskr. nr. 11. 66 s. Utg. av Det kgl. Selskap for Norges Vels jordbundsutvalg. — Kristiania.
- Kappen, H.* (1929): Die Bodenazidität. Nach agrikulturchemischen Gesichtspunkten dargestellt. 363 s. — Berlin.
- Keilbau, B. M.* (1832 el. 1833): Reise i Jemtland og Nordre-Trondhjems Amt i Sommeren 1831. — Magazin for Naturvidenskaberne. 11, (Bd. 1, 2. rekke) s. 18—160. — Christiania.
- (1838): Undersøgelser om hvorvidt i Norge, saaledes som i Sverrig, findes Tegn til Fremstigning af Landjorden i den nyere og nyeste geologiske Tid. — Nyt Magazin for Naturvidenskaberne. 1, s. 105—254. — Christiania.
- Kenngott, A.* (1867 a): Über einige Erscheinungen, beobachtet an Natrolith. — Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Palaeontologie. 1867, s. 77—78. — Stuttgart.
- (1867 b): Über die alkalische Reaction einiger Minerale. — Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Palaeontologie. 1867, s. 302—319, 429—441 og 769—784. — Stuttgart.
- Kivikas, E. K.* (1946): Zur Kenntnis der mechanischen chemischen und mineralogischen Zusammensetzung der finnischen Moränen. — Acta Agralia Fennica. 60, 2. 131 s. — Helsinki.
- Kivinen, Erkki* (1941): Untersuchungen über die Eigenschaften der Moränenböden in den sogenannten Vaara-Gebieten. — Maataloustieteellinen Aikakauskirja. 13, 1941, 1—22. — Helsinki.
- Kjerulf, Th.* (1858): Om Jordbundens Beskaffenhed i en Del af Romeriget og Aker. — Polyteknisk Tidsskr. 5, 1858, 321—332 og 337—344. — Christiania.
- Kjerulf, Theodor* (1862): Beskrivelse over Jordbunden i Hedemarkens Sorenskriverier og Totens Thinglag. — Polyteknisk Tidsskr. 9, 1862, 129—140. — Christiania.
- (1865): Veiviser ved geologiske Excursioner i Christiania Omegn. — Universitetsprogram for andet Halvaar 1865. 43 s. — Christiania.
- Kolderup, Carl Fred.* (1898): Fosforsyregehalten i Ekersunds-Soggendalsfeltets bergarter og dens forhold til benksjørheden hos kvæget. — Bergens Museums Aarbog 1897. No. 9. 11 s. — Bergen.
- Kolderup, Niels-Henr.* (1934): De vestnorske taksCIFeres genesis. — Bergens Museums Årbok 1933. Naturvidensk. rekke, Nr. 1. 17 s. — Bergen.
- Krogb, J. v.* (1923): Undersøkelser over norske lerer. I. — Statens Raastofkomite. Publikation Nr. 15. Norges Geologiske Undersøkelse. Nr. 115. 32 s. — Kristiania.
- (1924): Undersøkelser over norske lerer. III. — Statens Raastofkomite. Publikation Nr. 19. Norges Geologiske Undersøkelse. Nr. 119. 56 s. — Kristiania. [På omslaget står årstallet 1923.]
- Kulling, Oskar* (1945): Om fynd av mammut vid Pilgrimstad i Jämtland. — Sveriges geologiska undersökning. Ser. C, No. 473. Årsbok 39, 1945, No. 6. 62 s. — Stockholm.
- Kummen, Thorvald* (1916): Jordi i Bykle og Valle. — Jordbundsbeskr. nr. 12. 24 s. Utg. av Det kgl. Selskap for Norges Vels jordbundsutvalg. — Kristiania.
- Köhler, Egnér og Nydahl*: se Egnér, Köhler und Nydahl.
- Landsskogtakseringen (1933): Taksering av Norges skoger. Sammendrag for hele landet. 123 s. — Oslo.
- Larsen, Holger and Mattison, Sante* (1941): The pedography of hydrologic soil series: III. Loss on ignition and pH of the Dala brown earth series. — Lantbrukshögskolans Annaler. 9, 1941, 222—238. — Uppsala.
- Loftbus, Joh. L.* (1913): Jordbunden i Kvam, Tørvikbygden og Strandebarm, Midtre Hardanger. — Jordbundsbeskr. nr. 7. 36 s. Utg. av Det kgl. Selskap for Norges Vels jordbundsutvalg. — Kristiania.
- Lundqvist, G.* (1935): Blockundersökningar. Historik och metodik. — Sveriges

- geologiska undersökning. Ser. C, No. 390. Årsbok 29, 1935, No. 5. 45 s. — Stockholm.
- Lundqvist, G.* (1940): Bergslagens minerogena jordarter. — Sveriges geologiska undersökning. Ser. C, No. 433. Årsbok 34, 1940, No. 3. 87 s. — Stockholm.
- (1943): Norrlands jordarter. — Sveriges geologiska undersökning. Ser. C, No. 457. Årsbok 37, 1943, No. 6. 166 s. — Stockholm.
- (1946): Kvartärgeologien i Sverige under åren 1921—1946. — Geologiska Föreningens . . . Förhandlingar. 68, 1946, 268—302. — Stockholm.
- Lundqvist* og *Granlund*: se Granlund och Lundqvist.
- Løddesøl, Aasulv* (1929): Jordreaksjonen og jordbrukets kulturplanter. III. Gjødslingsens innvirkning på jordreaksjonen og jordens baseinnhold. — Jordundersøkelsens småskr. nr. 18. Meld. fra Norges Landbrukshøiskole. 9, 1929, 185—292. — Oslo.
- (1934): Orienterende undersøkelser over sammenhengen mellem gjødsling og jordens innhold av lett tilgjengelige plantenæringsstoffer. — Meld. fra Norges Landbrukshøiskole. 14, 1934, 323—375. — Oslo.
- og *Braadlie, O.* (1939): Kjemiske undersøkelser av en del norske jordprofiler. — Norsk Geologisk Tidsskr. 18, 1938, 305—373. — Oslo.
- Løddesøl* og *Bjørlykke*: se Bjørlykke og Løddesøl.
- Lönnemark, Henning, Wiklander, Lambert* and *Mattson, Sante* (1940): The pedography of hydrologic podsol series: II. The loss on ignition and the reaction of the Annerstad series. — Lantbrukshögskolans Annaler. 8, 1940, 183—207. — Uppsala.
- Lönnemark* og *Mattson*: se Mattson and Lönnemark.
- Låg, J.* (1945 a): Resent kalktuff ved Hensvold, Østre Toten. — Blyttia. 3, [1945], 27—37. — Oslo.
- (1945 b): Weathering of Syenite in Kjøse, Vestfold. — Norsk Geologisk Tidsskr. 25, [1945], 216—224. — Oslo.
- (1947 a): Om jordbunnsforholdene i ekskursjonsområdet. — Den 6. Nordiske Skogkongress 1947. Ekskursjon nr. 1. Trøndelagsturen. S. 46—52. — Oslo.
- (1947 b): Fjellgrunnen og jorda i traktene for ekskursjon nr. 4. — Den 6. Nordiske Skogkongress 1947. Ekskursjon nr. 4. Hurdalsturen. S. 31—39. — Oslo.
- (1947 c): Undersøkelser over innholdet av lettoppløselig fosfor og reaksjonen i jorda på en del gårder i Østfold og Akershus. — Norges Landbrukshøgskoles Jordkulturforsøk. Meld. nr. 31. Jordundersøkelsens småskr. nr. 30. Meld. fra Norges Landbrukshøgskole. 27, 1947, 1—83. — Oslo.
- [1948 a]: Klimaets humiditet og jordsmonnutviklingen. [Under trykning i beretn. om den forstmeteorologiske studieuke i Bergen i mars 1946.]
- [1948 b]: Jordbunnsforholdene i Toten-bygdene. [Under trykning i Totens Bydebok.]
- Madsen*: se Oversigt over Danmarks Geologi.
- Madsen* og *Ussing*: se Ussing og Madsen.
- Malm, E. A.* (1938): Kolonisationen i Finland och nyodlingen. — Medd. fra Det Norske Myrselskap. 36, 1938, 9—21. — Lillehammer.
- Mattson, Sante* (1931): The Laws of Soil Colloidal Behavior: VI. Amphoteric Behavior. — Soil Science. 32, s. 343—365. — Baltimore.
- and *Lönnemark, Henning* (1939): The pedography of hydrologic podsol series: I. Loss on ignition, pH and amphoteric reactions. — Lantbrukshögskolans Annaler. 7, 1939, 185—227. — Uppsala.
- and *Wiklander, Lambert* (1937): The equi-ionic point and the point of exchange neutrality of soils. — Lantbrukshögskolans Annaler. 4, 1937, 169—189. — Uppsala.
- and *Wiklander, Lambert* (1939): The pH and the amphoteric behavior of soils in relation to the Donnan equilibrium. — Lantbrukshögskolans Annaler. 8, 1940, 1—54. — Uppsala.

Mattson og Larsen: se Larsen and Mattson.

Mattson, Lönnemark og Wiklander: se Lönnemark, Wiklander and Mattson.

Milthers, Keld (1942): Ledeblokke og Landskabsformer i Danmark. — Danmarks Geologiske Undersøgelse. 2. Række, Nr. 69. 137 s. — København.

— (1945): Om Ledeblokkenes Spredning. — Medd. fra Dansk Geologisk Forening. 10, s. 609—612. — København.

(Dessuten diskusjonsinnlegg i samme bind s. 614—615.)

Milthers og Bornebusch: se Bornebusch og Milthers.

Milthers, V. (1913): Ledeblokke i de skandinaviske Nedisningers sydvestlige Grænseegne og deres Bidrag til Kundskaben om Isstrømretningernes Skiften og Aldersfølge. — Medd. fra Dansk geologisk Forening. 4, s. 115—182. — København.

Moen, Olav (1932): Orienterende prøver med dyrkning av endel grønnsaker på ulike jordarter. — Meld. fra Norges Landbrukshøiskole. 12, 1932, 183—208. — Oslo.

Myrann, S. (1916): Jordbunden i Bø og Saude herreder, Bratsberg amt. — Jordbundsbeskr. nr. 13. 34 s. Utg. av Det kgl. Selskap for Norges Vels jordbundsutvalg. — Kristiania.

Niklas, H. (1930): Einteilung der Böden auf geologisch-petrographischer Grundlage. — Handbuch der Bodenlehre. Herausgegeben von E. Blanck. 4, s. 5—51. — Berlin.

Nilsen, Jonas (1936): Sammenheng mellem kystfuruens nuværende utbredelse og de geologiske forhold. Vestnorsk furu. II. — Medd. nr. 19 fra Vestlandets forstlige Forsøksstation. Bd. 6, H. 1. 67 s. — Bergen.

Nordang, Arne (1924): Jordbunnen i Surnadal og Rindal. — Jordbundsbeskr. nr. 22. 40 s. Utg. av Statens Jordundersøkelse, Landbrukshøiskolen, Ås. — Kristiania.

Nordhagen, Rolf (1921): Kalktufstudier i Gudbrandsdalen. — Skrifter utg. av Videnskapsselskapet i Kristiania. I, 1921, No. 9. 155 s. — Kristiania.

— (1936): Versuch einer neuen Einteilung der subalpinen-alpinen Vegetation Norwegens. — Bergens Museums Årbok 1936. Naturvidensk. rekke, Nr. 7. 88 s. — Bergen.

— (1943): Sikilsdalen og Norges fjellbeiter. En plantesosiologisk monografi. — Bergens Museums Skrifter. Nr. 22. 607 s. — Bergen.

Nordmann: se Oversigt over Danmarks Geologi.

Novák, Václav (1935): Kurze Übersicht der Entwicklung der mechanischen Bodenanalyse. — Transactions of the Third International Congress of Soil Science. Oxford, England, 1935. 2, s. 23—36. — London.

Nydahl, Egnér og Köhler: se Egnér, Köhler und Nydahl.

Okko, V. (1941): Über das Verhältnis der Gesteinszusammensetzung der Moräne zum Felsgrund in den Gebieten der Kartenblätter von Ylitornio und Rovaniemi im nördlichen Finnland. — Geologische Rundschau. 32, s. 627—643. — Stuttgart.

— (1944): Moränenuntersuchungen im westlichen Nordfinnland. — Bulletin de la Commission Géologique de Finlande. No. 131. 46 s. — Helsinki.

Oversigt over Danmarks Geologi. Redigert af V. Nordmann. Udg. af Victor Madsen. — Danmarks geologiske Undersøgelse. 5. Række, Nr. 4. 208 s. — København 1928.

Redogørelse för inventering av odlingsjord å kronoparkerna nedanför odlingsgränsen i de två nordligaste Norrlandslänen ävensom för vissa andra uppdrag. — Statens offentliga utredningar 1937, 30. 82 s. — Stockholm 1937.

Retvedt, Kåre (1938): Kalivirkning av glimmer, feltspatt og leir. — Norges Landbrukshøiskoles Jordkulturforsøk. Meld. nr. 19. Meld. fra Norges Landbrukshøiskole. 18, 1938, 127—182. — Oslo.

Reusch, Hans (1901 a): Listerlandet. — Norges geologiske undersøgelse. No. 32. Aarbog for 1900, s. 89—94. — Kristiania.

— (1901 b): En notis om istidsgruset ved Lysefjordens munding. — Norges geologiske undersøgelse. No. 32. Aarbog for 1900, s. 95—98. — Kristiania.

- Riehm, Hans* (1932): Untersuchungen über die Faktoren, die die Reaktion des Erdbodens bestimmen. IV. Ein Beitrag zur Klärung der Frage über das Wesen der Silikatpufferung des Ackerbodens. — Den kgl. Veterinær- og Landbohøjskole. Aarsskrift 1932, s. 21—80. — København.
- (1943): Bestimmung der Kalibedürftigkeit des Bodens aus dem Kaligehalt des Laktatekstraktes. — Bodenkunde und Pflanzenernährung. 31, s. 346—356. — Berlin.
- Rimeslätten* og *Semb*: se *Semb* og *Rimeslätten*.
- Robinson, G. W.* (1934): The Dispersion of Soils in Mechanical Analysis. — Comptes Rendus de la Conférence de la Première Commission (Physique du Sol) . . . Versailles, 2—5 juillet 1934. S. 13—18. — Paris.
- Rogers, W. B. and Rogers, R. E.* (1848): On the Decomposition and partial Solution of Minerals, Rocks, & c., by Pure Water, and Water charged with Carbonic Acid. — The American Journal of Science and Arts. Serie 2, Bd. 5, s. 401—405. — New Haven.
- Rom, A. Monrad* (1911): Jordbunden i de østre dele av Nedenes amt. — Jordbundsbeskr. nr. 3. 23 s. Utg. av Det kgl. Selskap for Norges Vels jordbundsutvalg. — Kristiania.
- Rosendahl, H.* (1944): «Glasialfossil og kvartærgeografi.» — Norsk Geologisk Tidsskr. 22, 1942, 203—209. — Oslo.
- Rosenqvist, Ivan Th.* (1940): Note on Leaching of Granite with Special Reference to Lead, Radium and Barium. — Norsk Geologisk Tidsskr. 19, 1939, 110—111. — Oslo.
- Rove, Olaf N.* (1926): Undersøkelser over norske lerer. VI. Petrografiske undersøkelser. — Statens Råstoffkomité. Publikasjon Nr. 23. 68 s. (Oversatt og bearbejdet av T. Barth og M. Johnson). — Oslo.
- Russell, E. John* (1937): Soil Condition and Plant Growth. 6. utg. 655 s. — London.
- Samuelsen, A.* (1937): Eikerbladets og Flesbergbladets kvartærgeologi. — Norges Geologiske Undersøkelse. Nr. 143, s. 63—109 og 116—118. — Oslo.
- Schachtschabel, Paul* (1940): Untersuchungen über die Sorption der Tonmineralien und organischen Bodenkolloide, und die Bestimmung des Anteils dieser Kolloide an der Sorption im Boden. — Kolloid-Beiheft. 51, 1940, 199—276. — Dresden und Leipzig.
- (1941): Die Bindung der Kationen und die Bestimmung der Sorptions-träger im Boden. — Bodenkunde und Pflanzenernährung. 23, s. 1—17. — Berlin.
- Schetelig, Jacob* (1918): Natur og fjeldgrund. — Lorens Berg: Sandeherrød. En bygdebok. S. 36—50. — Kristiania.
- (1928): Fjeldgrunden og de løse jordlag. — Lorens Berg: Stokke. En bygdebok. S. 1—18. — Oslo.
- Schetelig* og *Holtedahl*: se *Holtedahl* og *Schetelig*.
- Schiøtz, O. E.* (1892): Om Mærker efter Istiden og om Isskillet i den østlige Del af Hamar Stift, samt om Indlandsisens Bevægelse. — Nyt Magazin for Naturvidenskaberne. 32, s. 243—265. — Christiania.
- (1895): Nogle Iagttagelser over Isens Bevægelse i Fjeldstrækningen østenfor Storsjøen i Rendalen. — Nyt Magazin for Naturvidenskaberne. 34, s. 1—6. — Christiania.
- (1913): Om isskillet i trakten omkring Fæmund. — Norges Geologiske Undersøkelse. Nr. 68. Aarbok for 1913, II. 13 s. — Kristiania.
- Semb, Gunnar* (1937): Jordbunnsforholdene i Hirkjølen forsøksområde. — Medd. fra Det norske Skogforsøksvesen. Nr. 19. Bd. 5, H. 4, s. 539—616. — Oslo.
- (1939): Litt om jordbundsforholdene i Trysil og Engerdal. — Ny Jord. 25, 1939, 15—31. — Oslo.
- (1943): Undersøkelser over fosforsyrens oppløselighet og binding i østnorske jordtyper. — Meld. fra Norges Landbrukshøgskole. 23, 1943, 1—145. — Oslo.

- Semb, Gunnar og Rimeslåtten, Hans* (1944): Undersøkelser over jordens surhetsgrad og fosfattilstand på en del gårder i Buskerud fylke og i Ås, Akershus fylke. — Jordundersøkelsenes småskr. nr. 29. Meld. fra Norges Landbruks-høgskole. 24, 1944, 383—468. — Oslo.
- Solberg, M.* (1923): Jordbunnen i Drangedal. — Jordbunnsbeskr. nr. 21. 64 s. Utg. av Statens Jordundersøkelse, Landbrukshøiskolen, Ås. — Kristiania.
- Solberg, Paul* (1928): Forsøk med glimmer, feltspat og leir som kaliholdig jordforbedringsmiddel. — Norges Landbrukshøiskoles Jordkulturforsøk. Meld. nr. 8. Meld. fra Norges Landbrukshøiskole. 8, 1928, 419—482. — Oslo.
- (1930): Kalkingsforsøk i Vestfold. — Norges Landbrukshøiskoles Jordkultur-forsøk. Meld. nr. 10. Meld. fra Norges Landbrukshøiskole. 10, 1930, 412—498. — Oslo.
- (1933): Fosforsyrevirkningen av forskjellige mineralfosfater i sammenligning med virkningen av enkelte lettoppløselige fosfatslag. — Norges Landbruks-høiskoles Jordkulturforsøk. Meld. nr. 11. Meld. fra Norges Landbruks-høiskole. 13, 1933, 481—563. — Oslo.
- (1937): Bidrag til karakterisering av kalktrangen innen Akershus og Vestfold ved hjelp av jordanalyser. — Norges Landbrukshøiskoles Jordkultur-forsøk. Meld. nr. 17, s. 26—41. Meld. fra Norges Landbrukshøiskole. 17, 1937, 356—371. — Oslo.
- og *Berdal, Åsmund* (1930): Langvarige fastliggende gjødslingsforsøk på åkerjord. — Norges Landbrukshøiskoles Jordkulturforsøk. Meld. nr. 9. Meld. fra Norges Landbrukshøiskole. 10, 1930, 181—266. — Oslo.
- Sortdal, K. K.* (1920): Forsøk med poteter i Vinger og Odal 1916—18. — Beretn. fra Statens forsøksgaard paa Hedemarken. 15, 1919, 36—43. Tillegg H til Beretn. . . . utg. av Landbruksdirektøren. — Kristiania.
- (1921): Jordbunden i Solørdalføret. — Jordbunnsbeskr. nr. 18. 39 s. Utg. av Det kgl. Selskap for Norges Vels jordbundsutvalg. — Kristiania.
- Streitlien, Ivar A.* (1928): Jorda i Folldal herad, Hedmark fylke. Tillegg: Ei stutt utgreiding um jorda i Alvdal og Tynset herad, Hedmark fylke. — Jordbunnsbeskr. nr. 24. Meld. fra Norges Landbrukshøiskole. 8, 1928, 365—400. — Oslo.
- (1935): De løse avleiringer. [Kartbladet Foldal.] — Norges Geologiske Undersøkelse. Nr. 145, s. 26—64. — Oslo.
- Strøm, Kaare Münster* (1943 a): Geologiske bilder fra Rondane. — Den Norske Turistforenings Årbok 1943. S. 171—186. — Oslo.
- (1943 b): The Uldal Earth Pillars. — Norsk Geografisk Tidsskr. 9, 1942—1943, 224—228. — Oslo.
- Sæther, Egil* (1945): Undersøkelser over eruptivene i området nord for Oslo. — Norsk Geologisk Tidsskr. 25, [1945], 427—432. — Oslo.
- Sørli, Olav* (1925): Jordbunnen i Søndre Land, Fluberg, Nordre Land og Torpa. Opland fylke. — Jordbunnsbeskr. nr. 23. 80 s. Utg. av Statens Jordunder-søkelse, Landbrukshøiskolen, Ås. — Oslo.
- Taksering av Norges skoger: se Landsskogtakseringen.
- Tamm, O.* (1921): Om berggrundens inverkan på skogsmarken. Med specialstudier inom Värmlands hyperittrakter. — Medd. från Statens skogsförsöksanstalt. 18, 1921, 105—164. — Stockholm.
- Tamm, Olof* (1920): Markstudier i det nordsvenska barrskogsområdet. — Medd. från Statens skogsförsöksanstalt. 17, 1920, 49—300. — Stockholm.
- (1925): Experimental Studies on Chemical Processes in the Formation of Glacial Clay. — Sveriges geologiska undersökning. Ser. C, No. 333. Årsbok 18, 1924, No. 5. 20 s. — Stockholm.
- (1929): An Experimental Study on Clay Formation and Weathering of Felspars. — Medd. från Statens skogsförsöksanstalt. 25, 1929, 1—28. — Stockholm.
- (1931): Studier över jordmånstyper och deras förhållande till markens hydrologi i nordsvenska skogsterränger. — Medd. från Statens skogsförsöksanstalt. 26, 1930—31, 163—408. — Stockholm.

- Tamm, Olof* (1934 a): Experimentelle Studien über die Verwitterung von Silikat-mineralien. — Arkiv för kemi, mineralogi och geologi. 11, A, No. 14. 27 s. — Stockholm.
- (1934 b): Om mekanisk analys av svenska skogsjordar. En metodgranskning. — Medd. från Statens skogsförsöksanstalt. 27, 1932—34, 289—312. — Stockholm.
- (1940): Den nordsvenska skogsmarken. En kortfattad, populär översikt av de företeelser, som betinga skogsmarkens produktionsförmåga. 284 s. — Stockholm.
- (1942): Några synpunkter på den svenska skogens fosfatfråga. — Svensk Botanisk Tidskr. 36, 1942, 383—389. — Uppsala.
- och *Wadman, Erik* (1945): Om skogens naturliga betingelser i Hamra revir. — Bilaga till Svenska Skogsvårdsföreningens Tidskr. 2, 1945, 79 s. — Norrtälje.
- Tanner, V.* (1938): Die Oberflächengestaltung Finnlands. — Bidrag till kännedom af Finlands natur och folk. H. 86. 762 s. — Helsingfors.
- Tedin* og *Bonnier*: se *Bonnier* och *Tedin*.
- Thorslund, Per* (1945): Om bentonitlager i Sveriges kambrosilur. — Geologiska Föreningens . . . Förhandlingar. 67, 1945, 286—288. — Stockholm.
- Ussing, N. V.* og *Madsen, Victor* (1897): Beskrivelse til Geologisk Kort over Danmark, . . . Kortbladet Hindsholm. — Danmarks geologiske Undersøgelse. 1. Række, Nr. 2. 87 s. — Kjøbenhavn.
- Vidme, T.* (1940): Om utviklinga av kornplantene på ulike jordarter. — Norges Landbrukshøgskoles Jordkulturforsøk. Meld. nr. 23. Meld. fra Norges Landbrukshøgskole. 20, 1940, 313—374. — Oslo.
- Vidme* og *Ødelien*: se *Ødelien* og *Vidme*.
- Vigerust, Yngvar* (1936): Jordsmonnet på forsøksgarden Løken med kort oversikt over jorden i Øystre Slidre, Opland fylke. — Jordbunnsbeskr. nr. 31. Meld. fra Norges Landbrukshøgskole. 16, 1936, 571—640. — Oslo.
- von Post, Lennart* (1938): Isobasytor i den senkvartära Viskafjorden. — Geologiska Föreningens . . . Förhandlingar. 60, 1938, 434—456. — Stockholm.
- Wadman* og *Tamm*: se *Tamm* och *Wadman*.
- Wennerholm* og *Granlund*: se *Granlund* och *Wennerholm*.
- Werenskiöld, Werner* (1920): Grundbygningen. — Bærum. En bygds historie. 1, s. 1—14. — Kristiania.
- (1943): Fysisk geografi. II. Landkarter, landjordens form. 248 s. — Oslo.
- Wiklander, Lönnemark* og *Mattson*: se *Lönnemark*, *Wiklander* and *Mattson*.
- Wiklander* og *Mattson*: se *Mattson* and *Wiklander*.
- Ødelien, M.* og *Vidme, T.* (1945): Lysimeterforsøk på Ås 1938—43. — Norges Landbrukshøgskoles Jordkulturforsøk. Meld. nr. 29. Meld. fra Norges Landbrukshøgskole. 25, 1945, 273—362. — Oslo.
- Øyen, P. A.* (1900): A glacial deposit near Christiania. — Archiv for Mathematik og Naturvidenskab. 22, Nr. 8. 13 s. — Kristiania.
- (1904): Undersøgelser af morænegrus i Asker. — Archiv for Mathematik og Naturvidenskab. 26, Nr. 5. 8 s. — Kristiania.
- (1907): Undersøgelser af terrassegrus i Asker. — Forhandlinger i Videnskabs-Selskabet i Christiania. 1907, No. 1. 15 s. — Christiania.
- (1911): Nogle bemærkninger om ra-perioden i Norge. — Norsk Geologisk Tidsskr. 2, No. 7. 47 s. — Kristiania.
- (1915): Kvartær-studier i Trondhjemsfeltet. III. — Det kgl. Norske Videnskabs Selskabs Skrifter. 1914, Nr. 6. 506 s. — Trondhjem.
- (1924): Romeriksløtten, Norges største terrasse. — Naturen. 48, 1924, 16—37. — Bergen.
- (1925—1926): Jordbunnen på Hedmark. — Hedmarks historie. 1. fellesbind, s. 43—278. — Hamar.
- (1932): Skuvrander i Oslotrakten og Mellesverige. — Avhandlinger utg. av Det Norske Videnskaps-Akademi i Oslo 1932. I, No. 5. 15 s. — Oslo.
- Åslander, Alfred* (1928): Ett bidrag till frågan om våra mineraljordars reaktion. — Nordisk Jordbruksforskning. 10, 1928, 177—186. — København.

